PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-012484
(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl. H01L 21/268
H01L 21/20
H01S 3/00

(21)Application number : 10-178918
(22)Date of filing : 25.06.1998

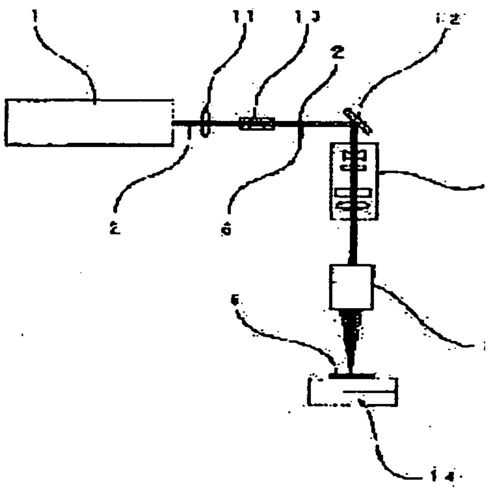
(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP
(72)Inventor : FUJIKAWA SHUICHI
FURUTA KEISUKE
MORITA YOKO
KONNO SUSUMU
KOJIMA TETSUO
YOSHIZAWA KENJI

(54) LASER ANNEALING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser annealing system in which annealing is performed with excellent quality through a simple arrangement.

SOLUTION: The laser annealing system comprises a pulse laser light source 1 generating first pulse laser light 2 having wavelength in visible region, and second pulse laser light generating means, i.e., a nonlinear optical element 10, for converting the waveform of a part of the first pulse laser light 2 and delivering a second pulse laser light 6, while is a second harmonic having wavelength in the ultraviolet region, while superposing on the first pulse laser light 2 coaxially therewith wherein an article 9 is irradiated with the first and second superposed pulse laser lights 2, 6. The article 9 is irradiated such that the irradiating region of the first pulse laser light covers the irradiating region of the second pulse laser light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

xaminer's decision of rejection or application
onverted registration]

Date of final disposal for application]

Patent number]

Date of registration]

Number of appeal against examiner's decision of
ejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
ecision of rejection]

[Date of extinction of right]

NOTICES *

PO and NCIPI are not responsible for any
lamages caused by the use of this translation.

.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
:.**** shows the word which can not be translated.
.In the drawings, any words are not translated.

)ETAILED DESCRIPTION

Detailed Description of the Invention]
0001]
Field of the Invention] This invention relates to the laser annealer used for the conductive improvement by the format)f melting polycrystal of an amorphous silicon, and recrystallization of the ITO (IndiumTin Oxide) film etc.
0002]
Description of the Prior Art] As an example of the conventional laser annealer, the laser annealer shown in JP,56-?9323,A is known. Drawing 10 is the block diagram showing the configuration of the conventional laser annealer sho n JP,56-29323,A. In drawing, the pulse laser light source 1 which is Q switch solid state laser generates the 1st pulse aser light 2 which is the fundamental-wave light pulse-ized by the Q switch. A beam splitter for 3 to branch the optic)ath of the 1st pulse laser light 2 to a 2-way, The delay optical system which extends one optical path among the 1st p aser light 2 to which 4 branched to the 2-way by the beam splitter 3, The optical frequency multiplier with which 5 carries out multiplying of the optical frequency of the 1st pulse laser light 2, and 6 are 2nd pulse laser light which is th iigher-harmonic light which carried out multiplying of the optical frequency of another [which branched by the beam splitter 3] 1st pulse laser light 2 with the optical frequency multiplier 5. As for the dichroic beam splitter which 7 penetrates the 1st pulse laser light 2 which is the fundamental-wave light of 45-degree incidence, and reflects the 2nd pulse laser light 6 which is the higher-harmonic-wave light of 45-degree incidence, and 8, convergent radiotherapy op system and 9 are irradiated samples.
[0003] Next, actuation is explained. The pulse laser light source 1 generates the 1st pulse laser light 2 which is the fundamental-wave light pulse-ized by the Q switch. The 1st pulse laser light 2 which carried out outgoing radiation of pulse laser light source 1 branches to a 2-way by the beam splitter 3. Incidence of the 1st pulse laser light 2 which penetrates a beam splitter 3 is carried out to the delay optical system 4, it carries out outgoing radiation from the delay optical system 4 with a fixed time lag, and reaches the dichroic beam splitter 7. On the other hand, incidence of the 1s pulse laser light 2 reflected in the direction of a right angle is carried out to the optical frequency multiplier 5, a part o pulse laser light 2 is changed into the 2nd pulse laser light 6 to which multiplying of the optical frequency was carried by the beam splitter 3, and it reaches the dichroic beam splitter 7 by it. Since the dichroic beam splitter 7 is formed so it may reflect to the 2nd pulse laser light 6 which is the higher-harmonic light of transparency and 45-degree incidenc the 1st pulse laser light 2 of 45-degree incidence, The optical path of the 2nd pulse laser light 6 to which multiplying c the optical frequency was carried out by the 1st optical path and optical frequency multiplier of the pulse laser light 2 delayed according to the delay optical system 4 is compounded, and incidence of both the 1st pulse laser light 2 and tl 2nd pulse laser light 6 is carried out to the convergent radiotherapy optical system 8. According to the convergent radiotherapy optical system 8, both the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 are adjusted so that a condensing pattern may have consistency to the exposure field of the irradiated sample 9, and they irradiate the irradi sample 9. In addition, the time lag brought to the 1st pulse laser light 2 according to the delay optical system 4 is set u that it may become more than the time amount width of face for two pulses of the 1st pulse laser light 2 which is fundamental-wave light at least.
[0004]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] The conventional laser annealer was constituted as mentioned above, and it had the optical path from which fundamental-wave light and higher-harmonic light differ, the technical problem tha there were many equipment configuration elements, such as an optic, and equipment cost became expensive occurred. Moreover, since there are not only many equipment configuration elements, but need to compound the optical path wl once branched again correctly, they are that optical-path adjustment is complicated and technical-problem ****** [it difficult and] that maintenance nature is low.

0005] Moreover, it not only becomes the cause of cost increase, but [since delay optical system is separately establisl or timing adjustment with a fundamental wave and higher-harmonic light,] since it was necessary to adjust the timing undamental-wave light and higher-harmonic light actively, the adjustment element of equipment increased and the echnical problem that it became the cause of a maintenance nature fall occurred.

0006] Moreover, the technical problem that there were very many optical elements which will be passed by the time t undamental-wave light which carried out outgoing radiation of the Q switch solid state laser results to an irradiated ample by branching of an optical path or installation of delay optical system, and the use effectiveness of a laser bean ell by the optical loss in each optical element occurred.

0007] Moreover, since the fundamental-wave light which was not changed into higher-harmonic-wave light in the opt requency multiplier penetrated without a right angle bending in the direction of the irradiated sample 9 in the dichroic eam splitter 7, it occurred [the technical problem that it became the cause of laser beam use degradation].

0008] Moreover, since the fundamental-wave light of Q switch solid state laser usually had wavelength in an infrared egion, when annealing using silicon as an irradiated sample was performed, the fundamental-wave absorption-of-light nultiplier was very low, without having most thermal effects to an irradiated sample, the irradiated sample was reflect on transparency or an irradiated sample front face, and the technical problem that it was difficult to perform effective annealing occurred.

0009] This invention was made in order to solve such a technical problem, and it aims at obtaining the laser annealer which can perform annealing which was excellent in quality with an easy configuration.

0010]

Means for Solving the Problem] A 1st pulse laser light generating means by which the laser annealer concerning this nvention generates the 1st pulse laser light which has wavelength in a visible region, Incidence of the 1st pulse laser li s carried out, and it carries out wavelength conversion of a part of 1st pulse laser light. It has the 2nd pulse laser light generating means which an ultraviolet area is made to superimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength on t 1st pulse laser light and the same axle, and carries out outgoing radiation to it, and enables it to irradiate the 1st pulse l ight and the 2nd pulse laser light on which it was superimposed at an irradiated object.

0011] As for the laser annealer concerning this invention, the 2nd pulse laser light generating means is characterized t generating 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light.

0012] The laser annealer concerning this invention is characterized by the 1st pulse laser light generating means being he solid state laser which generates the 2nd higher harmonic as 1st pulse laser light, using a solid-state component as a active medium.

0013] The laser annealer concerning this invention is characterized by being the solid state laser which the 1st pulse la ight generating means equipped with a resonator internal wave length conversion means to generate the 2nd higher harmonic as 1st pulse laser light.

0014] The laser annealer concerning this invention is characterized by the 1st pulse laser light generating means being he solid state laser pulse-ized by the Q switch which generates the 2nd higher harmonic wave as 1st pulse laser light.

0015] The laser annealer concerning this invention condenses the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on which it was superimposed, and is made to irradiate an irradiated lifter, its exposure field of the 1st pulse laser light is larger than the exposure field of the 2nd pulse laser light, and the exposure field of the 2nd pulse laser light is characterized by having a condensing means to make it located in the exposure field of the 1st pulse laser light.

0016]

Embodiment of the Invention] gestalt 1. of operation -- the block diagram showing the configuration of the laser anne which is the gestalt of implementation of this invention is shown in drawing 1 . In drawing 1 , the same sign as drawin 10 shows the same part or the considerable part among drawing. In drawing 1 , the pulse laser light source 1 is 1st puls laser luminescence means which generates the 1st pulse laser light 2 which has the wavelength of a visible region. In tl optical path of the 1st pulse laser light 2, the nonlinear optical element 10 which is the 2nd pulse laser light generating means which carries out wavelength conversion of a part of 1st pulse laser light, is made to superimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength in an ultraviolet area on the 1st pulse laser light and the same axle, and carries out outgoing radiation is established. Between the pulse laser light source 1 and a nonlinear optical element 10, the 1st pul laser light 2 is condensed, the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 at the time of the incidence of a nonlir optical element 10 is raised, and the condenser lens 11 for aiming at improvement in the wavelength conversion efficie to ultraviolet radiation is formed in it. Between a nonlinear optical element 10 and the irradiated sample 9 which is an irradiated object The beam diameter and beam divergence angle of the bend mirror 12 which bends the travelling direction of the 1st pulse laser light 2 which carried out outgoing radiation from the nonlinear optical element 10, and t 2nd pulse laser light 6 at a right angle, the 1st pulse laser light 2, and the 2nd pulse laser light 6 The beam adjustment ptical system 13 for adjusting and the 1st pulse laser light 2, and the 2nd pulse laser light 6 are condensed. It can adju o that the condensing pattern may have consistency to the exposure field of the irradiated sample 9, and the converger adiotherapy optical system 8 which is the condensing means which can irradiate the irradiated sample 9 is formed in t erial toward the travelling direction of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6. The irradiated sample nstalled on a stage 14, and can be moved now to the upper and lower sides and right and left by the stage 14.

0017] Using an Ar ion laser with an oscillation wavelength [in a visible region] of 515nm, the pulse laser light sourc f the gestalt of implementation of this invention is pulse-ized with a Q switch, and is generating the 1st pulse laser lig . In case the beta-BBO (beta-BaB 2O4, beta barium borate) crystal is being used for a nonlinear optical element 10, ncidence of the 1st pulse laser light 2 which is light with a wavelength of 515nm is carried out and the 2nd pulse laser ight 6 which is 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2 is generated, the front face of a beta-BBO cryst ut so that phase matching conditions may be fulfilled. Therefore, the 2nd pulse laser light 6 turns into ultraviolet adiation with a wavelength of 258nm. Moreover, although not shown in drawing, the adjustment device according to emperature and an installation include angle is prepared in the nonlinear optical element 10. The irradiated sample 9 i he amorphous silicon film, by irradiating a laser beam, carries out melting recrystallization and forms the polish recon ilm.

0018] Next, actuation is explained. It is condensed with a condenser lens 11 and incidence of the 1st pulse laser light which carried out outgoing radiation of the PAL friction mark 1 the light source 1 is carried out to a nonlinear optical element 10. Since the nonlinear optical element 10 is omitted so that phase matching conditions may be fulfilled at the ime of 2 double harmonic generation as mentioned above, wavelength conversion is carried out to 2 double higher armonic, and a part of 1st pulse laser light 2 which carried out incidence to the nonlinear optical element 10 turns int he 2nd pulse laser light which has wavelength in an ultraviolet area. Since the 2nd pulse laser light is generated in ccordance with the optical path of the 1st pulse laser light 2, if a gap of the travelling direction by walk-off is lisregarded, it can be considered that the 2nd pulse laser light 6 is what is generated on the same axle of the 1st pulse l ight 2.

0019] The 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 which carried out outgoing radiation of the nonlinear ptical element 10 are bent by the right angle by the same bend mirror 12, and carry out incidence to the beam adjustm ptical system 13. The beam adjustment optical system 13 reduces a beam divergence angle while it consists of two or nore cylinder convex lenses and cylinder concave lenses and expands the beam diameter of the 1st pulse laser light 2 he 2nd pulse laser light 6.

0020] The 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 which carried out incidence to the convergent adiotherapy optical system 8 are condensed by the line. Here, since wavelength differs, the 1st pulse laser light 2 and nd pulse laser light 6 produce chromatic aberration, and condensing points differ. In the gestalt of this operation, the eight of the irradiated sample 9 is adjusted by the stage 14 so that the condensing point of the 2nd pulse laser light 6 which has wavelength in an ultraviolet area may be located on the irradiated sample 9. Therefore, the 1st pulse laser li is in the condition which is not condensed enough, and the 2nd pulse laser light 6 irradiates the irradiated sample 9 i he condition of having been condensed.

0021] Drawing 2 thru/or drawing 4 are graphs which show time amount change of the optical reinforcement of the 1s ulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt of implementation of this invention, or the 2nd pulse laser ight. In drawing, the unit of the axis of ordinate which shows optical reinforcement uses the unit (arbitraryunit) of rbitration. Drawing 2 shows time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 before arrying out incidence to a nonlinear optical element 10, drawing 3 shows time amount change of the optical einforcement of the 1st pulse laser light 2 after carrying out incidence to a nonlinear optical element 10, and drawing hows time amount change of the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light 6 generated in the nonlinear optical lement 10. In the gestalt of this operation, since laser is pulse-ized using a Q switch, the optical reinforcement of the 1 ulse laser light 2 in front of nonlinear optical element 10 incidence starts quickly, and shows the wave which decreas ently-sloping after maximum light attainment on the strength. Therefore, the time amount location at the time of naximum light attainment on the strength is located in the first half of a pulse period wave in which time amount chan f the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 is shown.

0022] The 2nd pulse laser light 6 is 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2, and the wavelength onversion efficiency to 2 double higher harmonic at the time of generating this 2 double higher harmonic is proportio o the square of the optical reinforcement of the wavelength-ed conversion light (here 1st pulse laser light 2) which car ut incidence to a nonlinear optical element 10 theoretically. Therefore, in drawing 2 , in the 1st pulse laser light 2 whi arries out incidence to a nonlinear optical element 10, the light near the maximum light reinforcement has the high rat hanged into 2 double higher harmonic compared with other fields, and the rate that the light of the field where optical einforcement is low is changed into 2 double higher harmonic becomes low. Consequently, the time amount wave of 1st pulse laser light 2 after nonlinear optical element 10 outgoing radiation becomes remarkable [the optical strength eduction near the maximum light reinforcement] compared with the time amount wave before nonlinear optical elem 10 incidence, and appearance top full width at half maximum becomes long. In the gestalt of this operation, the full wi it half maximum of the 1st pulse laser light 2 is before and after nonlinear optical element 10 passage, and becomes lo with about (R> drawing 2 2 reference) 70 to about (refer to drawing 3) 120ns.

[0023] Since the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light 6 which is 2 double higher harmonic of the 1st puls aser light 2 is proportional to the square of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 as mentioned above, ime amount wave of the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light 6 turns into a wave as which the height of t optical reinforcement of the 1st pulse laser light 2 in front of nonlinear optical element 10 incidence was emphasized, shown in drawing 4 . Consequently, the pulse period width of face of the 2nd pulse laser light 6 is short compared wit he pulse period width of face of the 1st pulse laser light 2. Moreover, since the maximum light reinforcement of the 2 pulse laser light 6 is equivalent to the maximum light reinforcement of the 1st pulse laser light 2, the 2nd pulse laser li 5 is located in time in the first half of the 1st pulse laser light 2. In the gestalt of this operation, the full width at half naximum of the 2nd pulse laser light 6 is about (refer to drawing 4) 20ns to the full width at half maximum of the 1st pulse laser light in front of nonlinear optical element 10 incidence being about (referring to drawing 2) 70ns.

[0024] In the gestalt of this operation, about 10% of the 1st pulse laser light 2 is changed into the 2nd pulse laser light The focal distance and installation location of a condenser lens 11 can adjust the conversion rate from the pulse laser l 2 to the 1st pulse laser light [2nd] 6. That is, since the incidence reinforcement of the 1st [to a nonlinear optical elem 10] pulse laser light 2 changes by changing the focal distance and installation location of a condenser lens 11, the conversion rate from the pulse laser light 2 to the 1st pulse laser light [2nd] 6 is adjusted.

[0025] The beam pattern which is the exposure field of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 on the irradiated sample 9 of the laser annealer concerning the gestalt of implementation of this invention is shown in drawin In drawing, among drawing, the exposure field (beam pattern) 35 of the pulse laser light of **** 1 is larger than the exposure field (beam pattern) 36 of the 2nd pulse laser light 6, and the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light is condensed so that it may be located in the exposure field 35 of the 1st pulse laser light 2.

[0026] The 2nd pulse laser light 6 is 2 double higher harmonic of the 1st pulse laser light 2, and since wavelength diff the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 can obtain easily the exposure field (beam pattern) of the 1st p laser light 2 shown by drawing 5 , and the 2nd pulse laser light 6. That is, since the usual optical material has the distribution from which a refractive index differs with wavelength, if the convergent radiotherapy optical system 8 is constituted using a single optical material, the chromatic aberration from which a condensing location differs with wavelength will occur. For this reason, if the irradiated sample 9 is installed in the condensing location of the 2nd puls laser light 6, the irradiated sample 9 will shift from the condensing location of the 1st pulse laser light 2 inevitably, an the exposure field of the 1st pulse laser light 6 on the irradiated sample 9 will become the blurred thing. Consequently drawing 5 shows, the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6 is lapped and formed in the exposure field 35 inte of the 1st pulse laser light 2.

[0027] Drawing 6 thru/or 8 are graphs which show the result of having calculated time amount change of the temperat of the same amorphous silicon film which is the irradiated sample which irradiated the 1st pulse laser light 2 of a laser annealer or the 2nd pulse laser light 6 concerning the gestalt of implementation of this invention. Drawing 6 shows tim amount change of the temperature of the irradiated sample 9 at the time of irradiating only the 1st pulse laser light 2 af nonlinear optical element 10 passage at the irradiated sample 9. Drawing 7 shows time amount change of the temperat of the irradiated sample 9 at the time of irradiating only the 2nd pulse laser light 6 at the irradiated sample 9, and draw 8 superimposes the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6, and shows time amount change of the temperature of the irradiated sample 9 at the time of irradiating the irradiated sample 9. Since the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 result from a nonlinear optical element 10 to the irradiated sample 9 through both the sa optical paths in the gestalt of this operation, The timing of the 1st pulse laser light 2 at the time of the 2nd pulse laser li 6 generating [in / in the timing of the 1st pulse laser light 2 at the time of superimposing both and irradiating the irradiated sample 9 and the 2nd pulse laser light 6 / a nonlinear optical element 10] and the 2nd pulse laser light is maintained. Therefore, as drawing 3 and drawing 4 showed, the 2nd pulse laser light 6 of about 20ns of full width at ha maximum is located in time in the first half of the 1st pulse laser light 2 of about 120ns of full width at half maximum.

[0028] The 2nd pulse laser light of an absorption coefficient [as opposed to amorphous silicon in about / 1.0x106cm - one] is [the absorption coefficient of the amorphous silicon whose absorption coefficient of the amorphous silicon wh is the irradiated sample 9 in the wavelength of 515nm of the 1st pulse laser light 2 is the irradiated sample 9 in the wavelength of 258nm of about / 1.0x105cm - / 1 and the 2nd pulse laser light 6] larger a single figure. Here, the depth enetration of the light to the matter becomes so shallow that the absorption coefficient of the matter becomes large. Fo iis reason, compared with the great portion of 2nd pulse laser light 6 being absorbed by the amorphous silicon film /hich is the irradiated sample 9, there are few rates that the 1st pulse laser light 2 is absorbed in the amorphous silicon ilm.

)029] As shown in drawing 6 , the temperature of the irradiated sample 9 at the time of irradiating only the 1st pulse la ght 2 As shown in drawing 7 , when only the 2nd pulse laser light 6 is irradiated to having changed to reduction, with emperature's rising comparatively gently with exposure initiation, and reaching the melting point Temperature rose uickly from immediately after exposure initiation, and it resulted in the melting point of the irradiated sample 9, and f bout 30 - 40ns, after maintaining the constant temperature near the melting point, it has changed to decreasing. Since nd pulse laser light 6 has the large absorption coefficient to an amorphous silicon, when the 2nd pulse laser light 6 is radiated at the irradiated sample 9, most amorphous silicons in the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6 ransfer it to the liquid phase. When only the 2nd pulse laser light 6 is irradiated, it is based on the latent heat of an morphous silicon that constant temperature is maintained near the melting point. Moreover, as shown in drawing 8 , vhen the 1st pulse laser light 2 and 2nd laser beam 6 are superimposed and are irradiated, the constant-temperature ersistence time near the melting point increases sharply compared with the case where only the 2nd pulse laser light 6 rradiated, and the temperature near the melting point is maintained for about 150ns. This is because dissipation of the eat produced in absorption of the 2nd pulse laser light 6 was compensated effectively, when the irradiated sample 9 bsorbs the 1st pulse laser light 2 with long pulse period width of face.

0030] The fused amorphous silicon film starts coagulation with dissipation of heat. Under the present circumstances, rystal grows up the silicon which remained without fusing completely by laser beam exposure to be a nucleus. For thi eason, the amorphous silicon film fused by laser beam exposure changes to the polish recon film with which granular ilicon single crystals gathered. The polish recon film has large electron mobility compared with the amorphous silicor ilm, and the transistor formed by polish recon has a remarkably quick working speed compared with what was formed vith the amorphous silicon. The probability for the trap of the electron to be carried out in a grain boundary becomes l ind electron mobility becomes high, so that the particle size of silicon crystal grain becomes large. Therefore, in order orm the polish recon film which has high electron mobility, it is necessary to grow up the silicon crystal grain of the liameter of a large drop in the case of the melting recrystallization by laser beam exposure.

0031] It grows within a temperature fixed period [/ near the melting point] until the amorphous silicon film reaches t nelting point and the whole silicone film solidifies silicon crystal grain by dissipation of heat. Therefore, if a temperat ixed period becomes short, crystal grain cannot fully grow but the particle size of the crystal grain in polish recon will ecome small. For this reason, it becomes an important technical problem for forming the polish recon film of high lectron mobility how a temperature fixed term question [/ near the melting point] is kept long.

0032] On the other hand, when superfluous energy is supplied to the amorphous silicon film which is the irradiated ample 9, the temperature of the irradiated sample 9 exceeds the melting point greatly, and an amorphous silicon is fus ompletely. In this case, in order that the nucleus at the time of recrystallization may not remain, crystal grain is genera o much. Consequently, crystal grain cannot become small and the polish recon film which has high electron mobility annot be obtained.

0033] When an absorption coefficient irradiates the 2nd pulse laser light 6 which has wavelength in an ultraviolet area reatly to the irradiated sample 9 according to the gestalt of this operation The amorphous silicon which is the irradiate ample 9 is heated to the melting point at a stretch. Since the absorption coefficient to the irradiated sample 9 uperimposes the 1st pulse laser light which has wavelength in the small visible region where pulse period width of fac ong on the 2nd pulse laser light 6 and irradiates it to an irradiated sample compared with the 2nd pulse laser light 6)issipation of the heat generated in the irradiated sample 9 by the 2nd pulse laser light 6 can be compensated with the eat generated in the irradiated sample 9 by the 1st pulse laser light 2, and a temperature fixed period near the melting oint can be extended effectively. Consequently, the diameter of crystal grain can form the polish recon film which ha he high electron mobility more than 200cm/V by 1 micrometers or more.

0034] Moreover, when the 1st pulse laser light 2 which has wavelength in a visible region, and the 2nd pulse laser ligl vhich has wavelength in an ultraviolet area are superimposed, the irradiated sample 9 is irradiated and it aims at exten f a temperature fixed period near the melting point, the die length of a temperature fixed period changes with the xposure timing of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 a lot. Therefore, when the 1st pulse laser li and the 2nd pulse laser light 6 are generated using the light source which became independent, respectively, it is lifficult to form in stability the polish recon film which always has a fixed property by the jitter at the time of both ligh ource actuation etc.

0035] However, since according to the gestalt of this operation wavelength conversion is performed using a nonlinear ptical element 10, ultraviolet radiation is generated to the 1st pulse laser light 2 which has wavelength in a visible regi nd it is used as 2nd pulse laser light 6, the generating timing of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light an always be kept constant. Moreover, since it generates on the 1st pulse laser light 2 and the same axle in a nonlinear ptical element 10 and the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser light 6 are transmitted from the nonlinear optic lement 10 to the irradiated sample 9 through the same optical path, the 2nd pulse laser light 6 can always keep constar ie exposure timing of the 1st pulse laser light 2 on the irradiated sample 9, and the 2nd pulse laser light 6, without stablishing an adjustment device separately.

0036] Moreover, in the gestalt of this operation, 2 double harmonic generation is used as a wavelength conversion me: ɔ generate the 2nd pulse laser light 2. Since one kind is sufficient, the optical path of wavelength-ed conversion light a djustment of a beam diameter are easy, and, as for the wavelength-ed conversion light to which incidence of this 2 ouble harmonic generation is carried out to a nonlinear optical element 10 compared with the wavelength conversion neans to other short wavelength, such as sum cycle mixing, can simplify the configuration itself.

0037] Moreover, since it generates on the 1st pulse laser light 2 and the same axle in a nonlinear optical element 10 an he 2nd pulse laser light 6 is transmitted through the same optical path from the nonlinear optical element 10 to the rradiated sample 9, an optical-path configuration not only becomes simple, but optical-axis doubling of the 1st pulse l ight 2 and the 2nd pulse laser light 6 etc. becomes unnecessary, and optical-path adjustment becomes very easy.

0038] Moreover, since it is adjusted in the gestalt of this operation so that the exposure field 36 of the 2nd pulse laser ight 6 may be located in the exposure field 35 of the 1st pulse laser light 2 on the irradiated sample 9 as drawing 5 howed, The exposure field 36 whole of the 2nd pulse laser light 6 is covered, and dissipation of heat is effectively ompensated by the 1st pulse laser light 2, and can form the polish recon film with it in the exposure field 36 whole of nd pulse laser light 2 by it. [a large particle size and] [uniform]

0039] Moreover, since optical materials, such as usual optical glass and a quartz, have the distribution from which a efractive index differs with wavelength, when dioptrics components, such as a lens formed with these ingredients, are ısed, the chromatic aberration from which a focal distance differs with wavelength occurs. When condensing the light rom the light source with wide many wavelength or spectral band width with a dioptrics component, in order to amen hromatic aberration, usually the achromatism which forms a lens combining two or more ingredients with which efractive indexes differ is performed. As shown in the gestalt of this operation, however, inside [exposure field 35] tl st pulse laser light 2 When arranging the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6, the optical element formed w he single ingredient with which achromatism is not given is used. If the location of the irradiated sample 9 is adjusted hat the condensing point of the 2nd pulse laser light 6 may be located on the irradiated sample 9, the 1st pulse laser lig Since it is condensed in a different location from the irradiated sample 9 top, as ****, the exposure field 35 of the 1st ulse laser light 2 becomes large compared with the exposure field 36 of the 2nd pulse laser light 6, and the exposure f f the 2nd pulse laser light 6 comes to be located in the interior of the exposure field of the 1st pulse laser light 2. Thus he convergent radiotherapy optical system 8, the cheap lens which has not given achromatism etc. can be used for the nterior of the exposure field 35 on the irradiated sample 9 of the 1st pulse laser light 2 by arranging the exposure field f the 2nd pulse laser light 6 where wavelength differs.

0040] In the gestalt of this operation, although the configuration which uses an amorphous silicon for the irradiated ample 9, and forms the polish recon film by the melting recrystallization by laser beam exposure was shown, the rradiated sample 9 is not restricted to an amorphous silicon, may be the ITO film, for example, can apply this laser nnealer also to the conductive improvement by melting recrystallization of the ITO film.

0041] Moreover, the output rate of the 2nd [to the 1st pulse laser light 2] pulse laser light 6 should just choose the ptimal value according to the absorption coefficient of the irradiated sample 9 to the 1st pulse laser light 2 and the 2n ulse laser light 6, the melting point, exposure area, etc. For example, the absorption coefficient of the irradiated sampl hould just make low the output of the 2nd pulse laser light 6 to a big ingredient to the 2nd pulse laser light 6. In this c f the incidence reinforcement of the 1st [to a nonlinear optical element 10] pulse laser light 2 is reduced, since vavelength conversion efficiency will decrease, the output of the 2nd pulse laser light 6 can be made low. Moreover, t ncidence reinforcement of the 1st pulse laser light 2 to a nonlinear optical element 10 can be easily changed by adjusti he focal distance of the condenser lens 11 arranged before a nonlinear optical element 10, and the distance from a ondenser lens 11 to a nonlinear optical element 10.

0042] When annealing of the irradiated sample 9 was performed using the light source of single wavelength, the bsorption coefficient of the irradiated sample 9 was always fixed, and since the thing in nanosecond order to control v ot easy, it depended for the pulse width of a laser beam to irradiate on optimization of exposure conditions adjusting n output. Consequently, the class of irradiated sample 9 set as the object of annealing was restricted by the wavelengt he light source, and pulse width. Since the equivalent pulse width and the equivalent absorption coefficient over the radiated sample 9 can be changed by changing the output rate of the 1st pulse laser light 2 and the 2nd pulse laser ligh 'hen two pulse laser light from which wavelength differs is superimposed and it performs annealing of the irradiated ample 9, as shown in the gestalt of this operation, annealing of various ingredients can be performed compared with th ase where the light source of single wavelength is used.

)043] Gestalt 2. drawing 9 of operation is the block diagram showing the configuration of the internal wave length onversion mold solid state laser 101 which is the pulse laser light source which generates the 1st pulse laser light 2 of peration gestalt from which the laser annealer concerning this invention differs. The internal wave length conversion iold solid state laser 101 is equivalent to the pulse laser light source 1, is the same as that of drawing 1 , and omits xplanation of the part which overlaps the gestalt 1 of operation. [of the configuration of laser annealers other than this ı drawing 9 , the YAG (yttrium aluminum garnet) crystal with which neodium ion was doped is being used for the sol tate-laser medium 15 which is the solid-state component used as an active medium with the gestalt of this operation. T emiconductor laser 16 for exciting the solid-state-laser medium 15 is formed in the side of the solid-state-laser mediur 5. The solid-state-laser medium 15 excited by semiconductor laser 16 emits the fundamental-wave laser beam 17 whi 'avelength has in a 1064nm near-infrared region. On the optical path of the fundamental-wave laser beam 17, Q switcl 8 for pulse-izing the fundamental-wave laser beam 17 is formed. The 1st edge mirror 20 and 2nd higher-harmonic jection mirror 22 are prepared in the location the solid-state medium laser 15 and whose Q switch 18 are pinched in etween. Moreover, between this 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 and the 2nd edge mirror 21, wavelength onversion of the fundamental-wave laser beam 17 is carried out, and the nonlinear optical element 19 for second armonic generations which generates the 2nd higher harmonic is established. When the KTP (KTiOPO4, phosphoric-cid potassium titanate) crystal is used in the gestalt of this operation and incidence of the light with a wavelength of 064nm is carried out, this nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is omitted so that phase atching conditions may be fulfilled at the time of 2 double harmonic generation. Therefore, the wavelength of the 2n igher harmonic serves as the 532nm light. Moreover, although not shown in drawing, the adjustment device of emperature and an installation include angle is prepared in the nonlinear optical element 19 for second harmonic enerations. Moreover, the resonator which used the 1st edge mirror 20 as the end, and used the 2nd edge mirror 21 as ther end is constituted, and it has Q switch 18, the solid-state medium laser 15, and the 2nd higher-harmonic ejection nirror 22 in the interior. The nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is also established on the ptical path inside this resonator, and constitutes the resonator internal wave length conversion means. Total reflection oating which the 1st edge mirror 20 makes cause total reflection to the fundamental-wave laser beam 17 with a vavelength of 1064nm is performed. Total reflection coating which the 2nd edge mirror 21 makes cause total reflectio oth fundamental-wave laser beam 17 with a wavelength of 1064nm and 2nd higher harmonic wave with a wavelength 32nm is performed. The 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 bends an optical axis, to the fundamental-wave laser eam 17 with a wavelength of 1064nm, it carries out total reflection in order to take out the 2nd higher harmonic to the esonator exterior, and two-wave coating is performed so that it may become all transparency to the 2nd higher harmor vith a wavelength of 532m. The 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 is pinched, and the bending mirror 23 which ends the travelling direction of the 2nd higher harmonic taken out from the 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 is ormed in the location of the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, and the opposite side. The eam ejection aperture 25 which takes out the 2nd higher-harmonic-wave light is formed in the case 24 of the internal vave length conversion mold solid state laser 101. In Q switch 18, the amount of optical losses in a resonator can be hanged.

[0044] Next, actuation is explained. First, the excitation light which carries out outgoing radiation from semiconductor aser 16 is irradiated from the optical-axis side of the solid-state-laser medium 15, and the solid-state-laser medium 15 xcited. In the excited solid-state-laser medium 15, the inverted population arises between the energy levels of the pecification according to the wavelength of excitation light, and the atomic structure of an active medium. In the ondition that the optical loss by Q switch 18 arranged in a resonator is large although the inverted population decrease y spontaneous emmision and induced emission, the optical reinforcement in a resonator cannot increase and reductior he inverted population by induced emission can be disregarded. Therefore, as long as the inverted population augend t xcitation exceeds the inverted population decrement by spontaneous emmision, the inverted population increases and igh energy is accumulated into the solid-state-laser medium 15. If the amount of optical losses by Q switch 18 is quicl educed where high energy is accumulated into the solid-state-laser medium 15, the spontaneous emmision light gener vithin the solid-state-laser medium 15 will be shut up by the 1st edge mirror 20 and the 2nd edge mirror 21 in a resona he magnification operation by the induced emission of the solid-state-laser medium 15 will be received, and the optica einforcement of the fundamental-wave laser beam 17 in a resonator will increase quickly. Since the generating rate of nduced emission is proportional to the optical reinforcement which passes the solid-state-laser medium 15, in case the undamental-wave laser beam 17 with optical high reinforcement passes through the inside of the solid-state-laser nedium 15, induced emission will become remarkable and the inverted population will decrease below to a threshold. Consequently, the fundamental-wave laser beam 17 in a resonator suspends an oscillation. As mentioned above, pulse ight with high peak light reinforcement can be generated by installing Q switch 18 in a resonator and fluctuating the optical loss in a resonator. Since the fundamental-wave laser beam 17 is especially considered as the configuration sh n the resonator which consists of the 1st edge mirror 20 and the 2nd edge mirror 21 in the gestalt of this operation, th optical reinforcement of the fundamental-wave laser beam 17 in a resonator becomes very high.

[0045] In the gestalt of this operation, since the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is arran n a resonator and the fundamental-wave laser beam 17 is shut up in the resonator by the 1st edge mirror 20 and the 2n edge mirror, incidence of the fundamental-wave laser beam 17 with very high peak light reinforcement can be carried o the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations. In the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, the rate that the fundamental-wave laser beam 17 is changed into the 2nd higher harmonic is proportional to the square of the optical reinforcement of the fundamental-wave laser beam 17 theoretically. Accordin he resonator internal wave length conversion configuration which has a wavelength conversion means as shown in th gestalt of this operation in the optical path of a resonator, incidence of the fundamental-wave laser beam 17 of high intensity can be carried out to the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, and the 2nd higher-harmonic light can be generated efficiently. The 2nd higher harmonic generated within the resonator is taken out from 2nd higher-harmonic ejection mirror 22 installed in the resonator by the resonator exterior. The 2nd higher harmonic which carried out outgoing radiation of the resonator has a travelling direction bent by the bending mirror 23, and carr out outgoing radiation from the beam ejection aperture 25 to the exterior of a case 24. The 2nd higher harmonic which wavelength in the visible region which carried out outgoing radiation to the exterior of a case 24 is used for annealing 1st pulse laser light 2 of the laser annealer concerning this invention. In addition, the generating approach of the 2nd p laser light 6, the transmission approach to the irradiated sample 9, and the exposure approach for the irradiated sample are the same as the configuration shown with the gestalt 1 of operation except for being cut so that phase matching conditions may be fulfilled at the time of 2 double harmonic generation, when the include angle of a cut of a nonlinear optical element 10 carries out incidence of the light with a wavelength of 532nm.

[0046] In the gestalt of this operation, the fundamental-wave laser beam 17 which is in a near-infrared region using th solid-state-laser medium 15 is generated, wavelength conversion is performed for the fundamental-wave laser beam 1 pulse-ized with Q switch 18 by the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations, the 2nd higher harmonic which has wavelength in a visible region is generated, and it is used for annealing as 1st pulse laser light 2. wavelength conversion is carried out at the light and the fundamental-wave laser beam generated from a solid-state-la medium is used for annealing as 1st pulse laser light as shown in the gestalt of this operation, the same effectiveness a the gestalt 1 of operation is not only acquired, but unlike gas laser, such as argon laser used as the light source of the 1 pulse laser light 2 in the gestalt 1 of operation, it can miniaturize the light source for the 1st pulse laser light generatin Moreover, since the 1st pulse laser light 2 can be efficiently generated compared with gas laser, the running cost at the time of annealing can decrease, and cheaply quality annealing can be performed.

[0047] Furthermore, since the argon laser shown with the gestalt 1 of operation excites a gas medium with the electro under discharge, it cannot avoid consumption of the electrode for discharge generating, and cannot be said to be excel enough in the viewpoint of dependability a life and over a long period of time. since it is markedly alike and dependab not only improves, but will improve over a long period of time if the solid-state-laser medium 15 is used as shown in t gestalt of this operation, annealing by which not only it is possible to aim at reduction of a maintenance cost, but quali was stabilized over the long period of time can be performed. [stability's of an output] Moreover, since a high increa power is easy compared with gas laser, it is easy to aim at improvement in the productivity of annealing.

[0048] Although the example which used the YAG crystal for the solid-state-laser medium 15 was shown in the gesta this operation If the YLF (LiYF4) crystal which does not restrict the ingredient of the solid-state-laser medium 15 to t and doped neodium ion is used Since the life of spontaneous emmision is longer than a YAG crystal, the fundamental wave laser beam 17 in the wavelength of 1047nm or a 1052nm near-infrared region is not only obtained, but In case th fundamental-wave laser beam 17 is pulse-ized with Q switch 18, energy can be efficiently accumulated into the solid-state-laser medium 15. Moreover, since change of the refractive index accompanying the temperature change of the so state-laser medium 15 is smaller than a YAG crystal, the stability of a laser output and beam quality improves. If the solid-state-laser medium 15 has oscillation wavelength not only in a YAG crystal and a YLF crystal but in the near-infrared region which made reference here, it can apply all and should just select the best crystal according to conditio required for annealing.

[0049] Moreover, although the configuration which performs wavelength conversion inside a resonator and generates nd higher harmonic of a solid-state-laser medium in the gestalt of this operation was shown If the optical reinforceme f the fundamental-wave laser beam 17 is fully high even when the fundamental-wave laser beam 17 is taken out out o esonator The nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is installed in the resonator exterior, vavelength conversion is performed in the resonator exterior, the 2nd higher harmonic is generated, and you may use i or annealing as 1st pulse laser light 2. If the nonlinear optical element 19 for second harmonic generations is arranged he resonator exterior, the alignment of a resonator not only becomes easy, but the stability of an output will improve urther and quality maintenance of annealing will become still easier.

0050] Moreover, in the gestalt of this operation, although the configuration which uses semiconductor laser 16 as the xcitation light source of the solid-state-laser medium 15 was shown, an arc lamp may be used as the excitation light ource of the solid-state-laser medium 15. Although it is inferior over a long period of time compared with semicondu aser 16 in the viewpoint of dependability when an arc lamp is used as the excitation light source, since it is cheap ompared with semiconductor laser 16, reduction of the manufacturing cost of annealing equipment can be aimed at.

0051] Although the configuration which generates the 2nd pulse laser light 6 which uses the 2nd higher harmonic of t olid-state-laser medium 15 as 1st pulse laser light 2, is made to generate 2 double higher harmonic of the 1st pulse las ight 2 in the gestalt of this operation, and has wavelength in an ultraviolet area was shown The generating means of th nd pulse laser light 6 which has wavelength in an ultraviolet area In using the 2nd higher harmonic of the solid-state- aser medium 15 instead of what is restricted to 2 double harmonic generation as 1st pulse laser light 2 Coincidence m e made to carry out incidence of the 2nd higher harmonic which is the fundamental-wave laser beam 17 of the solid- tate-laser medium 15, and the 1st pulse laser light 2 to a nonlinear optical element 10, sum cycle mixing may be erformed, and the 3 time higher harmonic of the fundamental-wave laser beam which has wavelength in an ultraviole rea may be used as 2nd pulse laser light 6. The thermal load to the nonlinear optical element which performs wavelen onversion Since it becomes so high that the wavelength of the wavelength conversion light to generate becomes shor he 3 time higher harmonic of the fundamental-wave laser beam 17 is used as 2nd pulse laser light 6 Rather than the c vhere 2 double higher harmonic of the 2nd higher harmonic of the fundamental-wave laser beam 17, i.e., the 4 time igher harmonic of the fundamental-wave laser beam 17, is used as 2nd pulse laser light 6, the thermal load of a nonli ptical element 10 which generates the 2nd pulse laser light 6 decreases, and the dependability of a laser annealer mproves.

0052] In the gestalt 1 of operation, and the gestalt 2 of operation, although the configuration which pulse-izes a laser eam using a Q switch was shown, even if it does not restrict the approach of pulse-izing to this and excites a laser lig ource by pulse operation, a pulse laser light applicable to annealing can be obtained.

0053]

Effect of the Invention] A 1st pulse laser light generating means to generate the 1st pulse laser light which has vavelength in a visible region according to this invention, Incidence of the 1st pulse laser light is carried out, and it arries out wavelength conversion of a part of 1st pulse laser light. It has the 2nd pulse laser light generating means w n ultraviolet area is made to superimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength on the 1st pulse laser light a he same axle, and carries out outgoing radiation to it. Since it enabled it to irradiate the 1st pulse laser light and the 2n ulse laser light on which it was superimposed at an irradiated object Since effective annealing not only becomes ossible, but the exposure timing of the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light is always kept constant to var ngredients, the annealing quality which was always fixed can be maintained. Furthermore, since optical-axis doubling he 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light is unnecessary, maintenance nature, such as optical-path adjustme an be raised.

0054] Moreover, according to this invention, since the 2nd pulse laser light generating means generates 2 double high armonic wave of the 1st pulse laser light, the optical path of wavelength-ed conversion light and adjustment of a bea liameter are easy, and since the configuration of wavelength conversion can be simplified, reduction of the manufactu ost of a laser annealer can be aimed at.

[0055] Moreover, since the 1st pulse laser light generating means is the solid state laser which generates the 2nd highe harmonic as 1st pulse laser light, using a solid-state component as an active medium according to this invention, it can attain the miniaturization of the light source for generating the 1st pulse laser light, and it not only becomes possible t generate the 1st pulse laser light efficiently, but can aim at improvement in a life of a lamp and dependability. Furthermore, while it is possible for the laser output to be stable, and to always perform annealing of fixed quality sinc high increase in power is also easy, the productivity drive of annealing can also be planned easily.

[0056] Moreover, since the 1st pulse laser light generating means is the solid state laser equipped with a resonator inte wave length conversion means to generate the 2nd higher harmonic as 1st pulse laser light according to this invention, interior light reinforcement of a resonator of the fundamental-wave laser beam generated from a solid-state-laser medi

s raised, wavelength conversion is performed using a fundamental-wave laser beam with optical high reinforcement, t st pulse laser light is generated efficiently, and reduction of the running cost of a laser annealer can be aimed at.
0057] Moreover, since the 1st pulse laser light generating means is the solid state laser pulse-ized by the Q switch wh ;enerates the 2nd higher harmonic wave as 1st pulse laser light according to this invention Generating of the fundamei vave laser beam of high intensity becomes easy, and the 2nd higher harmonic used as 1st pulse laser light is generated fficiently. The 2nd pulse laser light it not only becomes possible to aim at reduction of the running cost of a laser nnealer, but generated by carrying out wavelength conversion of the 1st pulse laser light Since it is located in the ante art of the 1st pulse laser light in time, the 1st pulse laser light can compensate with the 2nd laser beam effectively lissipation of the heat produced in the irradiated sample, and annealing of high quality can be performed.
0058] Moreover, according to this invention, the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on which it was uperimposed are condensed. An irradiated lifter is made to irradiate and the exposure field of the 1st pulse laser light arger than the exposure field of the 2nd pulse laser light. The exposure field of the 2nd pulse laser light Since it has a ondensing means to make it located in the exposure field of the 1st pulse laser light It migrates to the whole exposure ield of the 2nd pulse laser light, and by the 1st pulse laser light, dissipation of heat can be compensated effectively, it nigrate to the whole exposure field of the 2nd pulsed light, and homogeneity and quality annealing can be performed. Moreover, locating the exposure field of the 2nd pulse laser light in the interior of the exposure field of the 1st pulse la ight can use the cheap lens which has not given achromatism and which was formed with the single ingredient as a ondensing means.

Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any
lamages caused by the use of this translation.

l.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 2] It is the graph which shows time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light in front of the nonlinear optical element incidence of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of thi invention.

[Drawing 3] It is the graph which shows time amount change of the optical reinforcement of the 1st pulse laser light a the nonlinear optical element incidence of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this inventi

[Drawing 4] It is the graph which shows time amount change of the optical reinforcement of the 2nd pulse laser light generated in the nonlinear optical element of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 5] It is the top view showing the exposure field of the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light on th irradiated sample of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementation of this invention (beam pattern).

[Drawing 6] It is the graph which shows the calculated value of time amount change of the temperature of the irradiat sample at the time of irradiating the 1st pulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementati of this invention at an irradiated sample.

[Drawing 7] It is the graph which shows the calculated value of time amount change of the temperature of the irradiat sample at the time of irradiating the 2nd pulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt 1 of implementati of this invention at an irradiated sample.

[Drawing 8] It is the graph which shows the calculated value of time amount change of the temperature of the irradiat sample at the time of superimposing the 1st pulse laser light and 2nd pulse laser light of a laser annealer concerning th gestalt 1 of implementation of this invention, and irradiating an irradiated sample.

[Drawing 9] It is the block which shows the configuration of the internal wave length conversion mold solid state lase used as the light source which generates the 1st pulse laser light of the laser annealer concerning the gestalt 2 of implementation of this invention.

[Drawing 10] It is the block diagram showing the configuration of the conventional laser annealer.

[Description of Notations]

1 Pulse Laser Light Source, 2 1st Pulse Laser Light, 6 2nd Pulse Laser Light, 8 Convergent radiotherapy optical syste An irradiated sample, 10 Nonlinear optical element, 15 A solid-state-laser medium, 17 A fundamental-wave laser bea 18 Q switch, 19 The nonlinear optical element for second harmonic generations, 20 The 1st edge mirror, 21 the 2nd e mirror and 35 -- the exposure field (beam pattern) of the 1st pulse laser light, and 36 The exposure field (beam pattern the 2nd pulse laser light, and 101 Internal wave length conversion mold solid state laser (solid state laser).

[Translation done.]

NOTICES *

PO and NCIPI are not responsible for any
lamages caused by the use of this translation.

..This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
.**** shows the word which can not be translated.
.In the drawings, any words are not translated.

LAIMS

Claim(s)]

Claim 1] A 1st pulse laser light generating means to generate the 1st pulse laser light which has wavelength in a visib egion, Incidence of the pulse laser light of the above 1st is carried out, and it carries out wavelength conversion of a p of pulse laser light of the above 1st. It has the 2nd pulse laser light generating means which an ultraviolet area is made uperimpose the 2nd pulse laser light which has wavelength on the pulse laser light of the above 1st, and the same axle nd carries out outgoing radiation to it. The laser annealer which enabled it to irradiate the pulse laser light of the abov st by which superposition was carried out [above-mentioned], and the pulse laser light of the above 2nd at an irradia bject.

Claim 2] The laser annealer according to claim 1 with which the above-mentioned 2nd pulse laser light generating me s characterized by generating 2 double higher harmonic of the pulse laser light of the above 1st.

Claim 3] Claim 1 characterized by the above-mentioned 1st pulse laser light generating means being the solid state la which generates the 2nd higher harmonic as a pulse laser light of the above 1st, using a solid-state component as an ac nedium, or a laser annealer given in two.

Claim 4] 3 is [claim 1 characterized by being the solid state laser which the above-mentioned 1st pulse laser light enerating means equipped with a resonator internal wave length conversion means to generate the 2nd higher harmon s a pulse laser light of the above 1st thru/or] the laser annealer of a publication either.

Claim 5] 4 is [claim 1 characterized by the pulse laser light generating means of the above 1st being the solid state la ulse-ized by the Q switch which generates the 2nd higher harmonic wave as a pulse laser light of the above 1st thru/o he laser annealer of a publication either.

Claim 6] 5 is [claim 1 characterized by to have a condensing means condense the pulse laser light of the above 1st by which superposition was carried out / above-mentioned /, and the pulse laser light of the above 2nd, make the above-nentioned irradiated lifter irradiate, and the exposure field of the 1st pulse laser light is larger than the exposure field o he 2nd pulse laser light, and make it the exposure field of the 2nd pulse laser light located in the exposure field of the ulse laser light thru/or] the laser annealer of a publication either.

Translation done.]

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報**（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開2000−12484

（P2000−12484A）

(43)公開日　平成12年１月14日(2000.1.14)

(51)Int.Cl.^{7}	識別記号	ＦＩ	テーマコード(参考)
Ｈ０１Ｌ　21/268		Ｈ０１Ｌ　21/268　　Ｊ	５Ｆ０５２
21/20		21/20	５Ｆ０７２
Ｈ０１Ｓ　3/00		Ｈ０１Ｓ　3/00　　Ａ	

審査請求　未請求　請求項の数６　ＯＬ　（全 12 頁）

(21)出願番号　特願平10−178918

(22)出願日　平成10年６月25日(1998.6.25)

(71)出願人　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号

(72)発明者　藤川　周一
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

(72)発明者　古田　啓介
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

(74)代理人　100057874
弁理士　曾我　道照　（外７名）

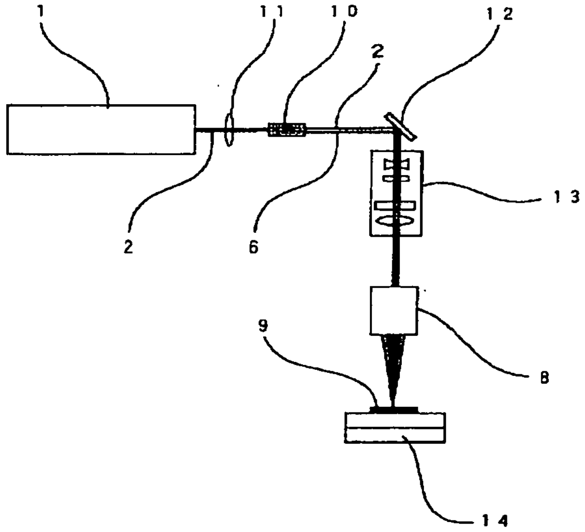
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　レーザアニール装置

(57)【要約】

【課題】　簡単な構成のもとで品質に優れたアニーリングを行うことを可能にしたレーザアニール装置を得る。

【解決手段】　可視域に波長を有する第１のパルスレーザ光２を発生するパルスレーザ光源１と、第１のパルスレーザ光２が入射され、第１のパルスレーザ光２の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する２倍高調波である第２のパルスレーザ光６を第１のパルスレーザ光２と同軸上に重畳させて出射する第２パルスレーザ光発生手段である非線形光学素子１０とを備え、重畳された第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６を被照射物９に照射できるようにした。被照射物９上において、第１のパルスレーザ光の照射領域が第２のパルスレーザ光の照射領域を包含するようにレーザ光が照射される。



１：パルスレーザ光源
２：第１のパルスレーザ光
６：第２のパルスレーザ光
８：集光照射光学系（集光手段）
９：被照射試料
１０：非線形光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項１】　可視域に波長を有する第１のパルスレーザ光を発生する第１パルスレーザ光発生手段と、
上記第１のパルスレーザ光が入射され、上記第１のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光を上記第１のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第２パルスレーザ光発生手段とを備え、
上記重畳された上記第１のパルスレーザ光および上記第２のパルスレーザ光を被照射物に照射できるようにしたレーザアニール装置。

【請求項２】　上記第２パルスレーザ光発生手段が、上記第１のパルスレーザ光の２倍高調波を発生することを特徴とする請求項１記載のレーザアニール装置。

【請求項３】　上記第１パルスレーザ光発生手段が、固体素子を活性媒質として用い、上記第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生する固体レーザであることを特徴とする請求項１あるいは２記載のレーザアニール装置。

【請求項４】　上記第１パルスレーザ光発生手段が、上記第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生する共振器内部波長変換手段を備えた固体レーザであることを特徴とする請求項１乃至３のいずれか記載のレーザアニール装置。

【請求項５】　上記第１のパルスレーザ光発生手段が、上記第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生するＱスイッチによりパルス化された固体レーザであることを特徴とする請求項１乃至４のいずれか記載のレーザアニール装置。

【請求項６】　上記重畳された上記第１のパルスレーザ光および上記第２のパルスレーザ光を集光して、上記被照射物上に照射させ、第１のパルスレーザ光の照射領域が第２のパルスレーザ光の照射領域より広く、第２のパルスレーザ光の照射領域は、第１のパルスレーザ光の照射領域内に位置するようにする集光手段を備えることを特徴とする請求項１乃至５のいずれか記載のレーザアニール装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】この発明は、アモルファスシリコンの溶融多結晶化や、ＩＴＯ（ＩｎｄｉｕｍＴｉｎ Ｏｘｉｄｅ）膜の再結晶化による導電性改善等に使用するレーザアニール装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】従来のレーザアニール装置の例として、特開昭５６－２９３２３号公報に示されたレーザアニール装置が知られている。図１０は特開昭５６－２９３２３号公報に示されている従来のレーザアニール装置の構成を示すブロック図である。図において、Ｑスイッチ固体レーザであるパルスレーザ光源１は、Ｑスイッチによりパルス化された基本波光である第１のパルスレーザ光２を発生する。３は第１のパルスレーザ光２の光路を２方向に分岐するためのビームスプリッタ、４はビームスプリッタ３で２方向に分岐された第１のパルスレーザ光２のうち一方の光路を延長する遅延光学系、５は第１のパルスレーザ光２の光周波数を逓倍する光周波数逓倍器、６はビームスプリッタ３で分岐されたもう一方の第１のパルスレーザ光２の光周波数を光周波数逓倍器５により逓倍した高調波光である第２のパルスレーザ光である。７は４５゜入射の基本波光である第１のパルスレーザ光２を透過し４５゜入射の高調波光である第２のパルスレーザ光６を反射する２色性ビームスプリッタ、８は集光照射光学系、９は被照射試料である。

【０００３】次に動作について説明する。パルスレーザ光源１は、Ｑスイッチによりパルス化された基本波光である第１のパルスレーザ光２を発生する。パルスレーザ光源１を出射した第１のパルスレーザ光２は、ビームスプリッタ３により２方向に分岐される。ビームスプリッタ３を透過する第１のパルスレーザ光２は遅延光学系４に入射し、一定の時間遅れをもって遅延光学系４から出射し２色性ビームスプリッタ７に到達する。一方、ビームスプリッタ３によって直角方向に反射された第１のパルスレーザ光２は光周波数逓倍器５に入射し、第１のパルスレーザ光２の一部は光周波数が逓倍された第２のパルスレーザ光６に変換され、２色性ビームスプリッタ７に到達する。２色性ビームスプリッタ７は、４５゜入射の第１のパルスレーザ光２に対しては透過、４５゜入射の高調波光である第２のパルスレーザ光６に対しては反射するように形成されているため、遅延光学系４によって遅延された第１のパルスレーザ光２の光路と光周波数逓倍器により光周波数が逓倍された第２のパルスレーザ光６の光路は合成され、第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６はともに集光照射光学系８に入射する。集光照射光学系８によって、第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６はともに集光パタンが被照射試料９の照射領域に整合するよう調整され、被照射試料９を照射する。なお、遅延光学系４によって第１のパルスレーザ光２にもたらされる時間遅れは、少なくとも基本波光である第１のパルスレーザ光２の２パルス分の時間幅以上となるよう設定されている。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】従来のレーザアニール装置は上記のように構成されており、基本波光と高調波光とが異なる光路を有するため、光学部品等の装置構成要素が多く、装置コストが高価になるという課題があった。また、装置構成要素が多いばかりでなく、一旦分岐した光路を再度正確に合成する必要があるため、光路調整が複雑かつ難しく、メンテナンス性が低いという課題あった。

【０００５】また、基本波と高調波光とのタイミング調

整のため、別個に遅延光学系を設けているため、コスト増大の一因になるばかりでなく、能動的に基本波光と高調波光のタイミングを調整する必要があるため、装置の調整要素が増加し、メンテナンス性低下の一因になるという課題があった。

【０００６】また、光路の分岐や遅延光学系の設置によって、Ｑスイッチ固体レーザを出射した基本波光が被照射試料へ至るまでに通過する光学素子の数は非常に多く、各光学素子における光損失によりレーザ光の利用効率が低下するという課題があった。

【０００７】また、光周波数逓倍器において高調波光に変換されなかった基本波光は、２色性ビームスプリッタ７において被照射試料９の方向に直角に折り曲げられることなく透過するため、レーザ光利用効率低下の一因になるという課題があった。

【０００８】また、Ｑスイッチ固体レーザの基本波光は、通常、赤外域に波長を有するため、被照射試料としてシリコンを用いたアニーリングを行う場合、基本波光の吸収係数は非常に低く、被照射試料に対し熱的な影響をほとんど与えることなく、被照射試料を透過、もしくは被照射試料表面で反射してしまい、効果的なアニーリングを行うことが困難であるという課題があった。

【０００９】この発明は、このような課題を解決するためになされたもので、簡単な構成により品質の優れたアニーリングを行うことが可能なレーザアニール装置を得ることを目的とする。

【００１０】

【課題を解決するための手段】この発明に係るレーザアニール装置は、可視域に波長を有する第１のパルスレーザ光を発生する第１パルスレーザ光発生手段と、第１のパルスレーザ光が入射され、第１のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光を第１のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第２パルスレーザ光発生手段とを備え、重畳された第１のパルスレーザ光および第２のパルスレーザ光を被照射物に照射できるようにしたものである。

【００１１】この発明に係るレーザアニール装置は、第２パルスレーザ光発生手段が第１のパルスレーザ光の２倍高調波を発生することを特徴とするものである。

【００１２】この発明に係るレーザアニール装置は、第１パルスレーザ光発生手段が、固体素子を活性媒質として用い、第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生する固体レーザであることを特徴とするものである。

【００１３】この発明に係るレーザアニール装置は、第１パルスレーザ光発生手段が、第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生する共振器内部波長変換手段を備えた固体レーザであることを特徴とするものである。

【００１４】この発明に係るレーザアニール装置は、第１のパルスレーザ光発生手段が、第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生するＱスイッチによりパルス化された固体レーザであることを特徴とするものである。

【００１５】この発明に係るレーザアニール装置は、重畳された第１のパルスレーザ光および第２のパルスレーザ光を集光して、被照射物上に照射させ、第１のパルスレーザ光の照射領域が第２のパルスレーザ光の照射領域より広く、第２のパルスレーザ光の照射領域は、第１のパルスレーザ光の照射領域内に位置するようにする集光手段を備えることを特徴とするものである。

【００１６】

【発明の実施の形態】実施の形態１．この発明の実施の形態であるレーザアニール装置の構成を示すブロック図を図１に示す。図１において、図中、図１０と同一符号は同一部分もしくは相当部分を示している。図１において、パルスレーザ光源１は可視域の波長を有する第１のパルスレーザ光２を発生させる第１のパルスレーザ発光手段である。第１のパルスレーザ光２の光路内には、第１のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光を第１のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第２パルスレーザ光発生手段である非線形光学素子１０が設けられている。パルスレーザ光源１と非線形光学素子１０との間には、第１のパルスレーザ光２を集光し、非線形光学素子１０の入射時の第１のパルスレーザ光２の光強度を高め、紫外光への波長変換効率の向上を図るための集光レンズ１１が設けられている。非線形光学素子１０と被照射物である被照射試料９との間には、非線形光学素子１０から出射した第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６の進行方向を直角に折り曲げるベンドミラー１２、第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６のビーム径およびビーム広がり角を調整するためのビーム調整光学系１３および第１のパルスレーザ光２、第２のパルスレーザ光６を集光して、その集光パタンが被照射試料９の照射領域に整合するよう調整でき、被照射試料９に照射できる集光手段である集光照射光学系８が、第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６の進行方向に向かって直列に設けられている。被照射試料９は、ステージ１４上に設置されるようになっており、ステージ１４によって、上下、左右に移動できるようになっている。

【００１７】この発明の実施の形態のパルスレーザ光源１は、可視域にある発振波長５１５ｎｍのアルゴンイオンレーザを用い、Ｑスイッチでパルス化して第１のパルスレーザ光２を発生させている。非線形光学素子１０は、β－BBO（β－$\mathrm{BaB_2O_4}$、ベータバリウムボレイト）結晶を使用しており、波長５１５ｎｍの光である第１のパルスレーザ光２を入射し、第１のパルスレーザ光２の２倍高調波である第２のパルスレーザ光６を発生する際、位相整合条件が満たされるようβ－ＢＢＯ結晶の表面がカットされている。従って、第２のパルスレーザ光６は、波長２５８ｎｍの紫外光となる。また、図

には示していないが非線形光学素子１０には温度および設置角度に応じた調整手段が設けられている。被照射試料９はアモルファスシリコン膜で、レーザ光を照射することにより溶融再結晶化しポリシリコン膜を形成する。

【００１８】次に動作を説明する。パルスレーザ光源１を出射した第１のパルスレーザ光２は、集光レンズ１１により集光され、非線形光学素子１０に入射する。非線形光学素子１０は、前述したように２倍高調波発生時に位相整合条件が満たされるようカットされているため、非線形光学素子１０へ入射した第１のパルスレーザ光２の一部は２倍高調波へ波長変換され、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光となる。第２のパルスレーザ光は、第１のパルスレーザ光２の光路に沿って発生するため、ウォークオフによる進行方向のずれを無視すれば、第２のパルスレーザ光６は、第１のパルスレーザ光２の同軸上に発生するものとみなすことができる。

【００１９】非線形光学素子１０を出射した第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６は、同一のベンドミラー１２により直角に折り曲げられ、ビーム調整光学系１３に入射する。ビーム調整光学系１３は複数の円筒凸レンズおよび円筒凹レンズから構成されており、第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６のビーム径を拡大するとともに、ビーム広がり角を低減させる。

【００２０】集光照射光学系８に入射した第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６は、線状に集光される。ここで、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６は、波長が異なるため色収差を生じ、集光点が異なる。この実施の形態においては、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光６の集光点が、被照射試料９上に位置するようにステージ１４によって被照射試料９の高さが調整されている。従って、第１のパルスレーザ光２は十分集光されていない状態で、第２のパルスレーザ光６は集光された状態で被照射試料９を照射する。

【００２１】図２乃至図４は、この発明の実施の形態に係るレーザアニール装置の第１のパルスレーザ光あるいは第２のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。図において、光強度を示す縦軸の単位は任意の単位（ａｒｂｉｔｒａｒｙｕｎｉｔ）を用いている。図２は非線形光学素子１０に入射する前の第１のパルスレーザ光２の光強度の時間変化を示し、図３は非線形光学素子１０に入射した後の第１のパルスレーザ光２の光強度の時間変化を示し、図４は非線形光学素子１０で発生した第２のパルスレーザ光６の光強度の時間変化を示している。この実施の形態においては、Ｑスイッチを用いてレーザをパルス化しているため、非線形光学素子１０入射前の第１のパルスレーザ光２の光強度は、急速に立ち上がり、最大光強度到達後なだらかに減少する波形を示している。従って、最大光強度到達時の時間位置は第１のパルスレーザ光２の光強度の時間変化を示すパルス時間波形の前半に位置している。

【００２２】第２のパルスレーザ光６は第１のパルスレーザ光２の２倍高調波であり、この２倍高調波を発生する際の２倍高調波への波長変換効率は、理論的には非線形光学素子１０に入射する被波長変換光（ここでは、第１のパルスレーザ光２）の光強度の２乗に比例する。従って、図２において、非線形光学素子１０へ入射する第１のパルスレーザ光２において、最大光強度近傍の光は他の領域に比べ２倍高調波へ変換される割合が高く、光強度の低い領域の光は２倍高調波へ変換される割合が低くなる。この結果、非線形光学素子１０出射後の第１のパルスレーザ光２の時間波形は、非線形光学素子１０入射以前の時間波形に比べ、最大光強度近傍の光強度の減少が顕著となり、外見上半値全幅が長くなる。この実施の形態においては、第１のパルスレーザ光２の半値全幅は、非線形光学素子１０通過前後で、７０ｎｓ程度（図２参照）から１２０ｎｓ程度（図３参照）と長くなる。

【００２３】第１のパルスレーザ光２の２倍高調波である第２のパルスレーザ光６の光強度は、上述のように第１のパルスレーザ光２の光強度の２乗に比例するため、第２のパルスレーザ光６の光強度の時間波形は、図４に示すように、非線形光学素子１０入射前の第１のパルスレーザ光２の光強度の高低が強調された波形となる。この結果、第２のパルスレーザ光６のパルス時間幅は、第１のパルスレーザ光２のパルス時間幅に比べ短い。また、第２のパルスレーザ光６の最大光強度は第１のパルスレーザ光２の最大光強度に対応するため、第２のパルスレーザ光６は、時間的に第１のパルスレーザ光２の前半に位置する。この実施の形態においては、非線形光学素子１０入射前の第１のパルスレーザ光の半値全幅が７０ｎｓ程度（図２参照）であるのに対し、第２のパルスレーザ光６の半値全幅は２０ｎｓ程度（図４参照）となっている。

【００２４】この実施の形態においては、第１のパルスレーザ光２の１０％程度を、第２のパルスレーザ光６へ変換している。第１のパルスレーザ光２から第２のパルスレーザ光６への変換割合は、集光レンズ１１の焦点距離や設置位置により調整することができる。すなわち、集光レンズ１１の焦点距離や設置位置を変化させることにより、非線形光学素子１０に対する第１のパルスレーザ光２の入射強度が変化するので、第１のパルスレーザ光２から第２のパルスレーザ光６への変換割合が調整される。

【００２５】この発明の実施の形態に係るレーザアニール装置の被照射試料９上における第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６の照射領域であるビームパタンを図５に示す。図において、図中、は第１のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）３５が、第２のパルスレーザ光６の照射領域（ビームパタン）３６より広

く、第２のパルスレーザ光の照射領域３６は第１のパルスレーザ光２の照射領域３５内に位置するように集光されている。

【００２６】第２のパルスレーザ光６は、第１のパルスレーザ光２の２倍高調波であり、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６は波長が異なるため、図５で示した第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６の照射領域（ビームパタン）は容易に得ることができる。即ち、通常の光学材料には波長によって屈折率が異なる分散があるため、単一の光学材料を用いて集光照射光学系８を構成すれば、波長によって集光位置が異なる色収差が発生する。このため、第２のパルスレーザ光６の集光位置に被照射試料９を設置すれば、被照射試料９は必然的に第１のパルスレーザ光２の集光位置からずれ、被照射試料９上での第１のパルスレーザ光６の照射領域はぼやけたものとなる。この結果、図５で示すように第１のパルスレーザ光２の照射領域３５内部に、第２のパルスレーザ光６の照射領域３６が重なって形成される。

【００２７】図６乃至８は、この発明の実施の形態に係るレーザアニール装置の第１のパルスレーザ光２あるいは第２のパルスレーザ光６を照射した被照射試料である同一のアモルファスシリコン膜の温度の時間変化を計算した結果を示すグラフである。図６は非線形光学素子１０通過後の第１のパルスレーザ光２のみを被照射試料９に照射した際の被照射試料９の温度の時間変化を示し、図７は第２のパルスレーザ光６のみを被照射試料９に照射した際の被照射試料９の温度の時間変化を示し、図８は、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６を重畳し、被照射試料９に照射した際の被照射試料９の温度の時間変化を示している。この実施の形態においては、第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６はともに同一光路を介し、非線形光学素子１０から被照射試料９へ至るため、両者を重畳し被照射試料９に照射する際の第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６のタイミングは、非線形光学素子１０における第２のパルスレーザ光６発生時の第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光のタイミングが維持される。従って、図３および図４で示したように、半値全幅１２０ｎｓ程度の第１のパルスレーザ光２の前半に、半値全幅２０ｎｓ程度の第２のパルスレーザ光６が時間的に位置する。

【００２８】第１のパルスレーザ光２の波長５１５ｎｍにおける被照射試料９であるアモルファスシリコンの吸収係数は、１．０×１０^{5} ｃｍ$^{-1}$ 程度、第２のパルスレーザ光６の波長２５８ｎｍにおける被照射試料９であるアモルファスシリコンの吸収係数は、１．０×１０^{6} ｃｍ$^{-1}$ 程度で、アモルファスシリコンに対する吸収係数は、第２のパルスレーザ光の方が１桁大きい。ここで、物質への光の浸透深さは、その物質の吸収係数が大きくなるほど浅くなる。このため、第２のパルスレーザ光６の大部分は、被照射試料９であるアモルファスシリコン膜で吸収されるのに比べ、第１のパルスレーザ光２がアモルファスシリコン膜において吸収される割合は少ない。

【００２９】図６に示すように、第１のパルスレーザ光２のみを照射した場合の被照射試料９の温度は、照射開始とともに比較的緩やかに温度が上昇し、融点に到達することなく減少へ転じているのに対し、図７に示すように、第２のパルスレーザ光６のみを照射した場合には、照射開始直後から急速に温度が上昇し被照射試料９の融点に至り、３０～４０ｎｓ程度の間、融点近傍の一定温度を維持した後、減少に転じている。第２のパルスレーザ光６は、アモルファスシリコンに対する吸収係数が大きいため、第２のパルスレーザ光６を被照射試料９に照射した時、第２のパルスレーザ光６の照射領域３６内にあるアモルファスシリコンの大部分が液相へ転移する。第２のパルスレーザ光６のみを照射した際、融点近傍で一定温度が維持されるのは、アモルファスシリコンの潜熱によるものである。また、図８に示すように、第１のパルスレーザ光２と第２のレーザ光６を重畳して照射した場合には、融点近傍での一定温度持続時間が、第２のパルスレーザ光６のみを照射した場合に比べ大幅に増加し、１５０ｎｓ程度の間、融点近傍の温度が維持される。これはパルス時間幅の長い第１のパルスレーザ光２を被照射試料９が吸収することにより、第２のパルスレーザ光６の吸収で生じた熱の散逸が効果的に補償されたためである。

【００３０】溶融したアモルファスシリコン膜は、熱の散逸とともに凝固を開始する。この際、レーザ光照射で完全に溶融することなく残留したシリコンを核に結晶が成長する。このため、レーザ光照射により溶融したアモルファスシリコン膜は、粒状のシリコン単結晶が集合したポリシリコン膜へと変化する。ポリシリコン膜はアモルファスシリコン膜に比べ電子移動度が大きく、ポリシリコンで形成したトランジスタは、アモルファスシリコンで形成したものに比べ動作速度が著しく速い。シリコン結晶粒の粒径が大きくなるほど、粒界において電子がトラップされる確率が低くなり電子移動度は高くなる。従って、高い電子移動度を有するポリシリコン膜を形成するためには、レーザ光照射による溶融再結晶化の際に、大粒径のシリコン結晶粒を成長させる必要がある。

【００３１】シリコン結晶粒は、アモルファスシリコン膜が融点に到達し、熱の散逸によりシリコン膜全体が凝固するまでの間、即ち、融点近傍における温度一定期間内に成長する。従って、温度一定期間が短くなれば、結晶粒は十分に成長することができず、ポリシリコン中の結晶粒の粒径は小さくなる。このため、融点近傍における温度一定期間を如何に長く保つかが、高電子移動度のポリシリコン膜を形成するための重要な課題となる。

【００３２】一方、被照射試料９であるアモルファスシリコン膜に、過剰なエネルギーを供給した場合には、被照射試料９の温度は融点を大きく越え、アモルファスシリコンは完全に溶融する。この場合、再結晶化時の核が残留しないため、結晶粒は多量に発生する。この結果、結晶粒は小さくなり、高い電子移動度を有するポリシリコン膜は得ることができない。

【００３３】この実施の形態によれば、被照射試料９に対し吸収係数が大きく紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光６を照射することにより、被照射試料９であるアモルファスシリコンを一気に融点まで加熱し、第２のパルスレーザ光６に比べ被照射試料９に対する吸収係数が小さくパルス時間幅の長い可視域に波長を有する第１のパルスレーザ光を、第２のパルスレーザ光６と重畳し、被照射試料に対し照射するので、第２のパルスレーザ光６により被照射試料９内に発生した熱の散逸を、第１のパルスレーザ光２により被照射試料９内に発生した熱で補償し、融点近傍の温度一定期間を効果的に延長することができる。この結果、結晶粒径が１μｍ以上で、２００ｃｍ／Ｖ以上の高い電子移動度を有するポリシリコン膜を形成することができる。

【００３４】また、可視域に波長を有する第１のパルスレーザ光２と、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光６を、重畳して被照射試料９に照射し、融点近傍の温度一定期間の延長を図る場合、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６の照射タイミングによって、温度一定期間の長さは大きく変化する。従って、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６をそれぞれ独立した光源を使用して発生させた場合、両光源動作時のジッタ等により、常に一定の特性を有するポリシリコン膜を安定に形成することが難しい。

【００３５】しかしながら、この実施の形態によれば、可視域に波長を有する第１のパルスレーザ光２に対し、非線形光学素子１０を用いて波長変換を施し紫外光を発生させて第２のパルスレーザ光６として使用するので、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６の発生タイミングを常に一定に保つことができる。また、第２のパルスレーザ光６は、非線形光学素子１０において第１のパルスレーザ光２と同軸上に発生し、第１のパルスレーザ光２および第２のパルスレーザ光６が同一光路を介し、非線形光学素子１０から被照射試料９まで伝送されるので、別途調整機構を設けることなく被照射試料９上での第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６の照射タイミングを常に一定に保つことができる。

【００３６】また、この実施の形態においては、第２のパルスレーザ光２を発生する波長変換手段として２倍高調波発生を利用している。この２倍高調波発生は和周波混合等、他の短波長への波長変換手段に比べ、非線形光学素子１０へ入射させる被波長変換光は１種類でよいので、被波長変換光の光路やビーム径の調整が容易であり、構成自体も簡単にすることができる。

【００３７】また、第２のパルスレーザ光６は非線形光学素子１０において第１のパルスレーザ光２と同軸上に発生し、非線形光学素子１０から被照射試料９まで同一光路を介し伝送するので、光路構成が簡素となるばかりでなく、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６との光軸合わせ等が不要となり、光路調整が非常に簡単になる。

【００３８】また、この実施の形態においては、図５で示したように、被照射試料９上の第１のパルスレーザ光２の照射領域３５内に、第２のパルスレーザ光６の照射領域３６が位置するよう調整されているため、第２のパルスレーザ光６の照射領域３６全体にわたり、第１のパルスレーザ光２によって熱の散逸が効果的に補償され、粒径が大きく均一なポリシリコン膜を、第２のパルスレーザ光２の照射領域３６全体に形成することができる。

【００３９】また、通常の光学ガラスや石英等の光学材料には、波長により屈折率が異なる分散があるため、これらの材料で形成されたレンズ等の屈折光学素子を使用した場合、波長により焦点距離が異なる色収差が発生する。多波長、もしくはスペクトル幅の広い光源からの光を屈折光学素子で集光する場合、色収差を補正するため、屈折率の異なる２つ以上の材料を組み合わせてレンズを形成する色消しを行うのが通常である。しかしながら、この実施の形態に示すように、第１のパルスレーザ光２の照射領域３５内部に、第２のパルスレーザ光６の照射領域３６を配置する場合、色消しが施されていない単一の材料で形成された光学素子を使用し、被照射試料９上に第２のパルスレーザ光６の集光点が位置するよう被照射試料９の位置を調整すれば、第１のパルスレーザ光２は、被照射試料９上とは異なる位置で集光されるため、結界として第１のパルスレーザ光２の照射領域３５は第２のパルスレーザ光６の照射領域３６に比べ広くなり、第１のパルスレーザ光２の照射領域内部に、第２のパルスレーザ光６の照射領域が位置するようになる。このように、第１のパルスレーザ光２の被照射試料９上の照射領域３５の内部に、波長が異なる第２のパルスレーザ光６の照射領域３６を配置することにより、集光照射光学系８において、色消し等を施していない安価なレンズを使用することができる。

【００４０】この実施の形態においては、被照射試料９にアモルファスシリコンを使用し、レーザ光照射による溶融再結晶化でポリシリコン膜を形成する構成を示したが、被照射試料９はアモルファスシリコンに限るものではなく、例えばＩＴＯ膜であってもよく、このレーザーアニール装置をＩＴＯ膜の溶融再結晶化による導電性向上にも適用することができる。

【００４１】また、第１のパルスレーザ光２に対する第２のパルスレーザ光６の出力割合は、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６に対する被照射試料９

の吸収率、融点、照射面積等に応じ、最適な値を選べばよい。例えば、第２のパルスレーザ光６に対し、被照射試料９の吸収率が大きな材料に対しては、第２のパルスレーザ光６の出力を低くすればよい。この場合、非線形光学素子１０に対する第１のパルスレーザ光２の入射強度を低下させれば、波長変換効率が減少するため、第２のパルスレーザ光６の出力を低くすることができる。また、非線形光学素子１０への第１のパルスレーザ光２の入射強度は、非線形光学素子１０の手前に配置した集光レンズ１１の焦点距離や、集光レンズ１１から非線形光学素子１０までの距離を調整することで、容易に変化させることができる。

【００４２】単一波長の光源を用いて、被照射試料９のアニーリングを行う場合、被照射試料９の吸収率は常に一定であり、照射するレーザ光のパルス幅をナノ秒オーダでの制御することは容易ではないため、照射条件の最適化は出力のみを調整することに頼っていた。この結果、光源の波長、パルス幅によって、アニーリングの対象となる被照射試料９の種類は制限されていた。この実施の形態に示すように、波長の異なる２つのパルスレーザ光を重畳して被照射試料９のアニーリングを行う場合には、第１のパルスレーザ光２と第２のパルスレーザ光６の出力割合を変化させることにより、被照射試料９に対する等価的なパルス幅や吸収率を変化させることができるので、単一波長の光源を使用した場合に比べ、多様な材料のアニーリングを行うことができる。

【００４３】実施の形態２．図９は、この発明に係るレーザアニール装置の異なる実施形態の第１のパルスレーザ光２を発生するパルスレーザ光源である内部波長変換型固体レーザ１０１の構成を示すブロック図である。内部波長変換型固体レーザ１０１は、パルスレーザ光源１に相当するものであり、これ以外のレーザアニール装置の構成は図１と同様であり、実施の形態１と重複する部分の説明は省略する。図９において、活性媒質として用いられる固体素子である固体レーザ媒質１５は、この実施の形態ではネオジウムイオンがドープされたＹＡＧ（イットリウムアルミニウムガーネット）結晶を使用している。固体レーザ媒質１５を励起するための半導体レーザ１６が固体レーザ媒質１５の側方に設けられている。半導体レーザ１６によって励起された固体レーザ媒質１５は、波長は１０６４ｎｍの近赤外域にある基本波レーザ光１７を放出する。基本波レーザ光１７の光路上には、基本波レーザ光１７をパルス化するためのＱスイッチ１８が設けられている。固体媒質レーザ１５およびＱスイッチ１８を間に挟む位置に、第１の端部ミラー２０と第２高調波取り出しミラー２２が設けられている。また、この第２高調波取り出しミラー２２と第２の端部ミラー２１との間には、基本波レーザ光１７を波長変換し、第２高調波を発生する第２高調波発生用非線形光学素子１９が設けられている。この第２高調波発生用非線形光学素子１９は、この実施の形態においてはＫＴＰ（ＫＴｉＯＰＯ$_4$、リン酸チタン酸カリウム）結晶を使用しており、波長１０６４ｎｍの光を入射した際、２倍高調波発生時に位相整合条件が満たされるようカットされている。従って、第２高調波の波長は、５３２ｎｍの可視光となる。また、図には示していないが第２高調波発生用非線形光学素子１９には温度および設置角度の調整手段が設けられている。また、第１の端部ミラー２０を一端とし、第２の端部ミラー２１を他端とした共振器が構成されており、その内部にはＱスイッチ１８、固体媒質レーザ１５、第２高調波取り出しミラー２２を有する。第２高調波発生用非線形光学素子１９もまた、この共振器の内部の光路上に設けられており、共振器内部波長変換手段を構成している。第１の端部ミラー２０は、波長１０６４ｎｍの基本波レーザ光１７に対し全反射を起こさせる全反射コーティングが施されている。第２の端部ミラー２１は波長１０６４ｎｍの基本波レーザ光１７と波長５３２ｎｍの第２高調波との両者に対し全反射を起こさせる全反射コーティングが施されている。第２高調波取り出しミラー２２は光軸を折り曲げ、第２高調波を共振器外部に取り出すため波長１０６４ｎｍの基本波レーザ光１７に対しては全反射し、波長５３２ｍの第２高調波に対しては全透過となるように２波長コーティングが施されている。第２高調波取り出しミラー２２を挟んで、第２高調波発生用非線形光学素子１９と反対側の位置には、第２高調波取り出しミラー２２から取り出された第２高調波の進行方向を折り曲げる折り曲げミラー２３が設けられている。内部波長変換型固体レーザ１０１のケース２４には、第２高調波光を取り出すビーム取り出し窓２５が設けられている。Ｑスイッチ１８では、共振器内の光損失量を変化させることができる。

【００４４】次に動作を説明する。まず、半導体レーザ１６から出射する励起光を固体レーザ媒質１５の光軸側方より照射して固体レーザ媒質１５の励起を行う。励起された固体レーザ媒質１５中には、励起光の波長、活性媒質の原子構造に応じた特定のエネルギー準位間で反転分布が生じる。反転分布は自然放出および誘導放出により減少するが、共振器内に配置したＱスイッチ１８による光損失が大きい状態では、共振器内の光強度は増大し得ず、誘導放出による反転分布の減少は無視することができる。従って、励起による反転分布増加量が自然放出による反転分布減少量を上回る限り反転分布は増加し、高いエネルギーが固体レーザ媒質１５内に蓄積される。固体レーザ媒質１５内に高いエネルギーが蓄積された状態で、Ｑスイッチ１８による光損失量を急速に低下させると、固体レーザ媒質１５内で発生した自然放出光は、第１の端部ミラー２０と第２の端部ミラー２１により共振器内に閉じ込められ、固体レーザ媒質１５の誘導放出による増幅作用を被り共振器内の基本波レーザ光１７の光強度は急速に増加する。誘導放出の発生割合は、固体

レーザ媒質１５を通過する光強度に比例するため、光強度の高い基本波レーザ光１７が固体レーザ媒質１５中を通過する際、誘導放出が顕著となり反転分布はしきい値以下にまで減少してしまう。この結果、共振器内の基本波レーザ光１７は発振を停止する。上述のように、共振器内にＱスイッチ１８を設置し、共振器内の光損失を増減することにより、ピーク光強度の高いパルス光を発生することができる。特に、この実施の形態においては基本波レーザ光１７を第１の端部ミラー２０および第２の端部ミラー２１から構成される共振器内に閉じ込める構成としているので、共振器内の基本波レーザ光１７の光強度は非常に高くなる。

【００４５】この実施の形態においては、共振器内に第２高調波発生用非線形光学素子１９を配置し、かつ第１の端部ミラー２０と第２の端部ミラーによって基本波レーザ光１７を共振器内に閉じ込めているので、非常にピーク光強度の高い基本波レーザ光１７を第２高調波発生用非線形光学素子１９へ入射させることができる。第２高調波発生用非線形光学素子１９において、基本波レーザ光１７が第２高調波へ変換される割合は、理論的には基本波レーザ光１７の光強度の２乗に比例する。この実施の形態に示すような波長変換手段を共振器の光路内に有する共振器内部波長変換構成によれば、高強度の基本波レーザ光１７を第２高調波発生用非線形光学素子１９に入射させ効率よく第２高調波光を発生させることができる。共振器内で発生した第２高調波は、共振器内に設置した第２高調波取り出しミラー２２から共振器外部に取り出される。共振器を出射した第２高調波は、折り曲げミラー２３により進行方向を折り曲げられ、ビーム取り出し窓２５よりケース２４の外部へ出射する。ケース２４の外部へ出射した可視域に波長を有する第２高調波はこの発明に係るレーザーアニール装置の第１のパルスレーザ光２としてアニーリングに使用される。なお、第２のパルスレーザ光６の発生方法、被照射試料９までの伝送方法、被照射試料９に対する照射方法は、非線形光学素子１０のカットの角度が、波長５３２ｎｍの光を入射した際、２倍高調波発生時に位相整合条件が満たされるようカットされていることを除き、実施の形態１で示した構成と同じである。

【００４６】この実施の形態においては、固体レーザ媒質１５を用いて近赤外域にある基本波レーザ光１７を発生させ、Ｑスイッチ１８でパルス化した基本波レーザ光１７を、第２高調波発生用非線形光学素子１９により波長変換を施し、可視域に波長を有する第２高調波を発生させ、第１のパルスレーザ光２としてアニーリングに使用している。この実施の形態に示すように、固体レーザ媒質から発生する基本波レーザ光を可視光に波長変換し、第１のパルスレーザ光としてアニーリングに使用すれば、実施の形態１と同様な効果が得られるばかりでなく、実施の形態１において第１のパルスレーザ光２の光源として用いていたアルゴンレーザ等のガスレーザとは異なり、第１のパルスレーザ光発生用の光源を小型化することができる。また、ガスレーザに比べ効率よく第１のパルスレーザ光２を発生させることができるので、アニーリング時のランニングコストが低減し、安価に高品質なアニーリングを行うことができる。

【００４７】さらに、実施の形態１で示したアルゴンレーザは、放電中の電子によりガス媒質を励起するので、放電発生用の電極の消耗を避けることができず、寿命および長期信頼性の観点において十分優れているとは言えない。この実施の形態に示すように、固体レーザ媒質１５を使用すれば、長期信頼性が格段に向上するばかりでなく、出力の安定性も向上するので、メンテナンスコストの低減を図ることが可能なばかりでなく、長期間にわたり品質の安定したアニーリングを行うことができる。また、ガスレーザに比べ高出力化が容易であるため、アニーリングの生産性の向上を図ることが容易である。

【００４８】この実施の形態においては、固体レーザ媒質１５にＹＡＧ結晶を使用した例を示したが、固体レーザ媒質１５の材料はこれに限るものではなく、例えばネオジウムイオンをドープしたＹＬＦ（$\mathrm{LiYF_4}$）結晶を使用すれば、波長１０４７ｎｍあるいは１０５２ｎｍの近赤外域にある基本波レーザ光１７が得られるばかりでなく、自然放出の寿命がＹＡＧ結晶よりも長いので、Ｑスイッチ１８で基本波レーザ光１７をパルス化する際、固体レーザ媒質１５内に効率よくエネルギーを蓄積することができる。また、固体レーザ媒質１５の温度変化にともなう屈折率の変化がＹＡＧ結晶よりも小さいので、レーザ出力およびビーム品質の安定性が向上する。固体レーザ媒質１５は、ここで言及したＹＡＧ結晶、ＹＬＦ結晶に限らず、近赤外域に発振波長を有するものであればいずれも適用が可能であり、アニーリングに必要な条件に応じて最良の結晶を選定すればよい。

【００４９】また、この実施の形態においては、共振器内部で波長変換を行い、固体レーザ媒質の第２高調波を発生する構成を示したが、共振器外に基本波レーザ光１７を取り出した場合でも、基本波レーザ光１７の光強度が十分に高ければ、第２高調波発生用非線形光学素子１９を共振器外部に設置し、共振器外部で波長変換を行い第２高調波を発生させ、第１のパルスレーザ光２としてアニーリングに使用してもよい。共振器外部に第２高調波発生用非線形光学素子１９を配置すれば、共振器のアライメントが容易になるばかりでなく、出力の安定性はさらに向上し、アニーリングの品質保持がさらに簡単になる。

【００５０】また、この実施の形態においては、半導体レーザ１６を固体レーザ媒質１５の励起光源として使用する構成を示したが、アークランプを固体レーザ媒質１５の励起光源として使用してもよい。アークランプを励起光源として使用した場合、長期信頼性の観点で半導体

レーザ１６に比べ劣るものの、半導体レーザ１６に比べ安価であるため、アニーリング装置の製造コストの低減を図ることができる。

【００５１】この実施の形態においては、固体レーザ媒質１５の第２高調波を第１のパルスレーザ光２として使用し、第１のパルスレーザ光２の２倍高調波を発生させ紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光６を発生させる構成を示したが、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光６の発生手段は、２倍高調波発生に限るものではなく、例えば、固体レーザ媒質１５の第２高調波を第１のパルスレーザ光２として使用する場合には、固体レーザ媒質１５の基本波レーザ光１７と第１のパルスレーザ光２である第２高調波を、非線形光学素子１０に同時に入射させ和周波混合を行い、紫外域に波長を有する基本波レーザ光の３倍高調波を第２のパルスレーザ光６として使用してもよい。波長変換を行う非線形光学素子に対する熱負荷は、発生する波長変換光の波長が短くなるほど高くなるので、基本波レーザ光１７の３倍高調波を第２のパルスレーザ光６として使用すれば、基本波レーザ光１７の第２高調波の２倍高調波、即ち、基本波レーザ光１７の４倍高調波を第２のパルスレーザ光６として使用する場合よりも、第２のパルスレーザ光６を発生する非線形光学素子１０の熱負荷が低減し、レーザアニール装置の信頼性が向上する。

【００５２】実施の形態１および実施の形態２においては、Ｑスイッチを用いてレーザ光をパルス化する構成を示したが、パルス化の方法はこれに限るものではなく、例えばレーザ光源の励起をパルス動作で行っても、アニーリングに適用可能なパルスレーザ光を得ることができる。

【００５３】

【発明の効果】この発明によれば、可視域に波長を有する第１のパルスレーザ光を発生する第１パルスレーザ光発生手段と、第１のパルスレーザ光が入射され、第１のパルスレーザ光の一部を波長変換して、紫外域に波長を有する第２のパルスレーザ光を第１のパルスレーザ光と同軸上に重畳させて出射する第２パルスレーザ光発生手段とを備え、重畳された第１のパルスレーザ光および第２のパルスレーザ光を被照射物に照射できるようにしたので、多様な材料に対し効果的なアニーリングが可能となるばかりでなく、第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光の照射タイミングが常に一定に保たれるため、常に一定したアニーリング品質を保つことができる。さらに、第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光の光軸合わせが不要であるため、光路調整等メンテナンス性を向上させることができる。

【００５４】また、この発明によれば、第２パルスレーザ光発生手段が、第１のパルスレーザ光の２倍高調波を発生するので、被波長変換光の光路やビーム径の調整が容易であり、波長変換の構成を簡単にすることができるので、レーザアニール装置の製造コストの低減を図ることができる。

【００５５】また、この発明によれば、第１パルスレーザ光発生手段が、固体素子を活性媒質として用い、第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生する固体レーザであるので、第１のパルスレーザ光を発生するための光源の小型化を図り、第１のパルスレーザ光を効率よく発生することが可能となるばかりでなく、光源の寿命、信頼性の向上を図ることができる。さらに、レーザ出力が安定しており高出力化も容易なので、常に一定品質のアニーリングを行うことが可能であると同時に、アニーリングの生産性向上も容易に図ることができる。

【００５６】また、この発明によれば、第１パルスレーザ光発生手段が、第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生する共振器内部波長変換手段を備えた固体レーザであるので、固体レーザ媒質より発生する基本波レーザ光の共振器内部光強度を高め、光強度の高い基本波レーザ光を用いて波長変換を行い、効率よく第１のパルスレーザ光を発生し、レーザアニール装置のランニングコストの低減を図ることができる。

【００５７】また、この発明によれば、第１のパルスレーザ光発生手段が、第１のパルスレーザ光として第２高調波を発生するＱスイッチによりパルス化された固体レーザであるので、高強度の基本波レーザ光の発生が容易になり、第１のパルスレーザ光として使用する第２高調波を効率よく発生し、レーザアニール装置のランニングコストの低減を図ることが可能となるばかりでなく、第１のパルスレーザ光を波長変換することにより発生する第２のパルスレーザ光は、第１のパルスレーザ光の前部に時間的に位置するため、第２のレーザ光で被照射試料に生じた熱の散逸を、第１のパルスレーザ光が効果的に補償し、高品質のアニーリングを行うことができる。

【００５８】また、この発明によれば、重畳された第１のパルスレーザ光および第２のパルスレーザ光を集光して、被照射物上に照射させ、第１のパルスレーザ光の照射領域が第２のパルスレーザ光の照射領域より広く、第２のパルスレーザ光の照射領域は、第１のパルスレーザ光の照射領域内に位置するようにする集光手段を備えるので、第２のパルスレーザ光の照射領域全体にわたり、第１のパルスレーザ光によって熱の散逸が効果的に補償され、第２のパルス光の照射領域全体にわたり、均一かつ高品質なアニーリングを行うことができる。また第１のパルスレーザ光の照射領域の内部に第２のパルスレーザ光の照射領域を位置させることは、色消しを施していない、単一材料で形成された安価なレンズを集光手段として用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　この発明の実施の形態１に係るレーザアニール装置の構成を示すブロック図である。

【図２】　この発明の実施の形態１に係るレーザアニー

ル装置の非線形光学素子入射前の第1のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。

【図３】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の非線形光学素子入射後の第1のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。

【図４】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の非線形光学素子で発生した第2のパルスレーザ光の光強度の時間変化を示すグラフである。

【図５】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の被照射試料上における第1のパルスレーザ光と第2のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）とを示す平面図である。

【図６】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の第1のパルスレーザ光を被照射試料に照射した際の被照射試料の温度の時間変化の計算値を示すグラフである。

【図７】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の第2のパルスレーザ光を被照射試料に照射した際の被照射試料の温度の時間変化の計算値を示すグラフである。

【図８】 この発明の実施の形態1に係るレーザアニール装置の第1のパルスレーザ光と第2パルスレーザ光とを重畳して被照射試料に照射した際の被照射試料の温度の時間変化の計算値を示すグラフである。

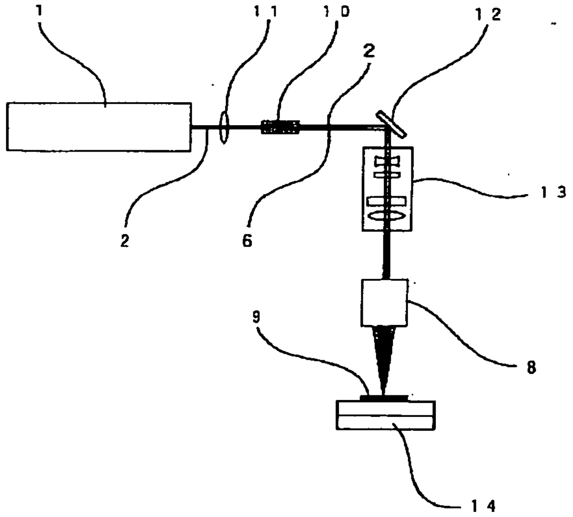
【図９】 この発明の実施の形態2に係るレーザアニール装置の第1のパルスレーザ光を発生する光源として使用する内部波長変換型固体レーザの構成を示すブロックである。

【図１０】 従来のレーザアニール装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

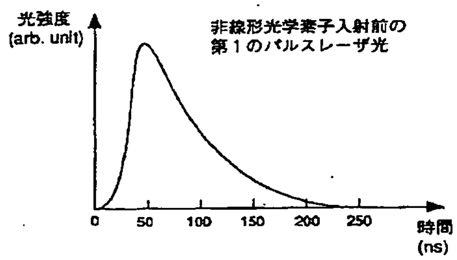
１ パルスレーザ光源、２ 第１のパルスレーザ光、６ 第２のパルスレーザ光、８ 集光照射光学系、９ 被照射試料、１０ 非線形光学素子、１５ 固体レーザ媒質、１７ 基本波レーザ光、１８ Ｑスイッチ、１９ 第２高調波発生用非線形光学素子、２０ 第１の端部ミラー、２１ 第２の端部ミラー、３５第１のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）、３６ 第２のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）、１０１ 内部波長変換型固体レーザ（固体レーザ）。

【図１】

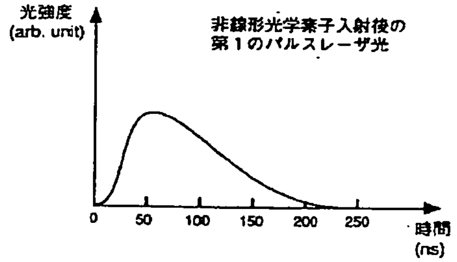


1：パルスレーザ光源
2：第1のパルスレーザ光
6：第2のパルスレーザ光
8：集光照射光学系（集光手段）
9：被照射試料
10：非線形光学素子

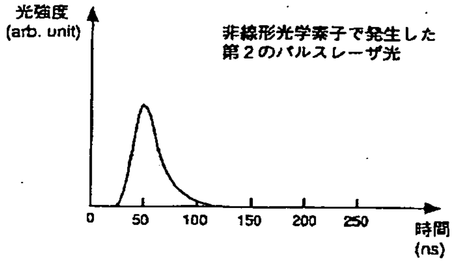
【図２】



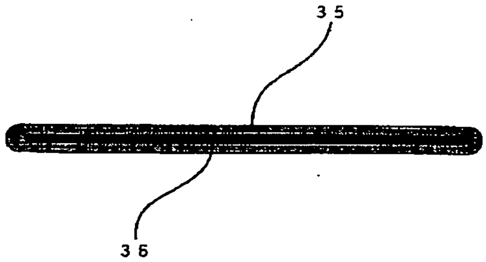
【図３】



【図４】

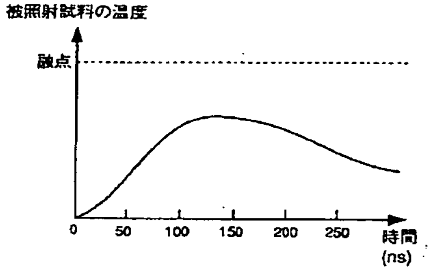


【図５】



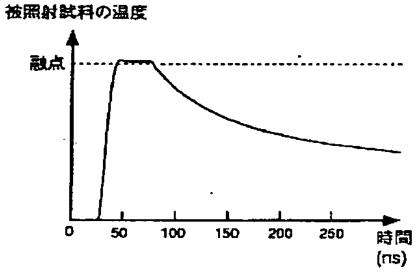
３５：第１のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）
３６：第２のパルスレーザ光の照射領域（ビームパタン）

【図６】



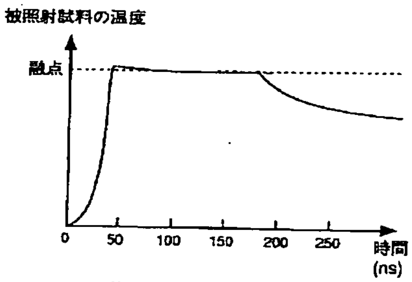
第１のパルスレーザ光のみ照射

【図７】



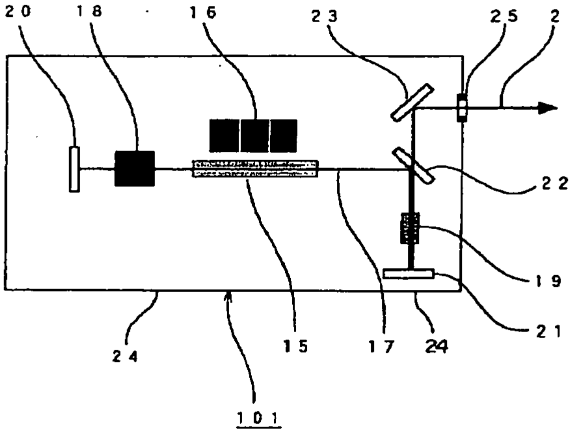
第２のパルスレーザ光のみ照射

【図８】



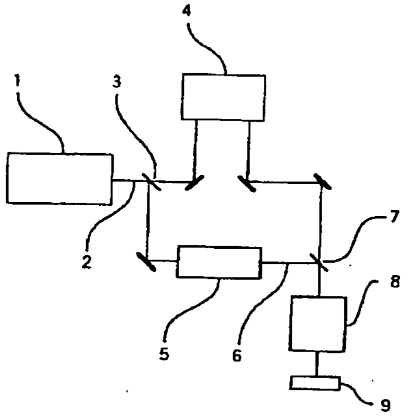
第１のパルスレーザ光と
第２のパルスレーザ光を重畳して照射

【図９】



１５：固体レーザ媒質
１７：基本波レーザ光
１８：Ｑスイッチ
１９：第２高調波発生用非線形光学素子
２０：第１の端部ミラー
２１：第２の端部ミラー
１０１：内部波長変換型固体レーザ（固体レーザ）

【図１０】



１：パルスレーザ光源
２：第１のパルスレーザ光
３：ビームスプリッタ
４：遅延光学系
５：光周波逓倍器
６：第２のパルスレーザ光
７：２色性ビームスプリッタ
８：集光照射光学系
９：被照射試料

フロントページの続き

(72)発明者　森田　陽子
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　今野　進
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　小島　哲夫
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　吉沢　憲治
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

Ｆターム(参考)　5F052 AA02 BA04 BA07 BA14 BA18
BB03 BB07 CA04 DA02 EA16
5F072 AB01 AB15 JJ01 JJ02 JJ05
JJ12 JJ20 KK05 KK06 KK12
KK13 KK15 KK24 KK30 MM03
MM04 MM08 MM09 PP07 QQ02
RR03 RR05 SS06 TT27 YY06